



**LAUREA**  
AMMATTIKORKEAKOULU  
*Yhdessä enemmän*

# Puheen muuntelu puhujan äidinkielen tunnistamisen haasteena: Case Pronouncer Europe Karppelin, Hanna

2016 Laurea

Laurea-ammattikorkeakoulu

Puheen muuntelu puhujan äidinkielen tunnistamisen haasteena:  
Case Pronouncer Europe

Hanna Karppelin  
Turvallisuusalan koulutusohjelma  
Opinnäytetyö  
Tammikuu 2016

Hanna Karppelin

**Puheen muuntelu puhujan äidinkielen tunnistamisen haasteena: Case Pronouncer Europe**

|       |      |           |    |
|-------|------|-----------|----|
| Vuosi | 2016 | Sivumäärä | 56 |
|-------|------|-----------|----|

Opinnäytetyössä tutkitaan puheen muuntelua äidinkielen tunnistamisen haasteena Pronouncer Europe -nimisen yrityksen kehittämän ohjelman avulla. Yritys toimii työn tilaajana. Ohjelma on suunnattu raja-, poliisi- ja maahanmuuttoviranomaisille ja ohjelman tarkoitus on auttaa tunnistamaan puhujan äidinkieli. Äidinkielen tunnistaminen on tärkeää tilanteissa, joissa pyritään selvittämään henkilön identiteettiä esimerkiksi paperittomalta maahan pyrkijältä. Kieli on osa ihmisen identiteettiä ja antaa viitteitä siitä, mistäpäin henkilö on kotoisin. Ohjelma voi auttaa myös uhria tarkentamaan tekijän tuntomerkkejä rikoksen selvittämiseksi, esimerkiksi tekijän erikoisen murteen tunnistamisessa.

Työ on luonteeltaan toiminnallinen, tutkimuksellinen kehittämistyö, jossa on mukana myös tapaustutkimuksen piirteitä. Tärkeimpänä tavoitteena on ollut kehittää Pronouncer-ohjelmaa niin, että se voitaisiin ottaa tavoitellulla kohderyhmällä kunnolla käyttöön. Ohjelmaa voisi hyödyntää esimerkiksi biometristen ääniavainten kehittämisessä, sillä ohjelma sisältää paljon dataa erilaisista kielistä. Työn tapaustutkimuksessa on käsitelty pienen ryhmän antamia puhenäytteitä, jotka on äänitetty tutuista eurooppalaisista kielistä. Nämä puhenäytteet on syötetty Pronouncer-ohjelmaan ja selvitetty, miten hyvin koehenkilöt ovat onnistuneet matkimaan kohdekieliä ja yhtenä tutkimuskysymyksenä on se, onko ohjelmaa mahdollista huijata muuntelemalla äidinkieltään. Työn teoreettinen viitekehys on puhetieteissä ja automaattisessa puheentunnistuksessa, erityisesti biometrisissä avaimissa.

Tapaustutkimuksessa selvisi, että puhujan äidinkieltä on vaikea muunnella ja ohjelma antoi melko luotettavasti tulokset puhujan äidinkielestä, vaikka tavoiteltu kohdekieli nousikin usein myös listalle. Äidinkieltä on tulosten perusteella vaikea peittää toisin kuin esimerkiksi puhujan kasvoja.

Hanna Karppelin

**Voice Disguise as a Challenge in Speaker's Native Language Identification: Case of Pronouncer Europe**

|      |      |       |    |
|------|------|-------|----|
| Year | 2016 | Pages | 56 |
|------|------|-------|----|

---

This thesis is about voice disguise as a challenge in a speaker's native language identification by testing Pronouncer Europe -company's software. The company is the commissioner of the thesis. The program is for border, police and migration authorities. The main goal of the program is to help identify a speaker's native language regardless the speaker speaking a different language. Native language is a part of a person's identity and it can help to identify a person for example if this person arrives to a country without identity papers. The program can also help victims to give more information of the felons and thus help in investigations by giving details of the felon's speech style.

The thesis is functional, exploratory development work, but it also has some features of a case study. The target is to develop Pronouncer Europe software so that the main users, like the police could start using it. The software could be used in developing biometrical voice keys, because it consists a lots of data from various languages. The case study is about a small amount of speech samples that have been collected from well-known European languages. These samples have been entered to the software and then studied how well the test subjects were able to disguise target languages. The theoretical framework is in speech sciences: automatic voice recognition and especially in biometrical keys. The result is a cross-section of the problem of using voice as a biometrical key especially when voice is disguised.

The case study showed that it is hard to disguise a person's mother tongue. The program worked well, even though a target language was usually high on the top list of the recognized languages with the speaker's mother tongue. Mother tongue is harder to mask than a person's face for instance.

**Keywords** Pronouncer Europe, biometrical voice keys, voice disguise

## Sisällys

|       |   |    |
|-------|---|----|
| 1     | Johdanto.....   | 6  |
| 1.1   | Mitä Pronouncer-ohjelma antaa turvallisuusalalle .....          | 6  |
| 1.2   | Tämän työn tavoitteet .....                                     | 8  |
| 1.3   | Tutkimuksen prosessikuvaus .....                                | 9  |
| 1.4   | Tutkimuskysymys .....   | 10 |
| 1.5   | Keskeiset käsitteet.....  | 11 |
| 2     | Tutkimusasetelma .....  | 11 |
| 3     | Teoreettinen viitekehys.....                                    | 13 |
| 3.1   | Puhe ja kieli.....  | 14 |
| 3.2   | Muuntelu ja imitaatio .....                                     | 15 |
| 3.3   | Automaattinen puheentunnistus .....                             | 16 |
| 3.4   | Biometriset avaimet .....                                       | 17 |
| 3.5   | Kielistä yleensä .....  | 20 |
| 3.6   | Työssä käsitellyt kielet.....                                   | 21 |
| 3.6.1 | Suomi .....   | 21 |
| 3.6.2 | Ruotsi.....   | 22 |
| 3.6.3 | Englanti .....  | 22 |
| 3.6.4 | Esperanto .....   | 23 |
| 3.6.5 | Saksa.....  | 23 |
| 3.6.6 | Ranska .....  | 24 |
| 4     | Tulokset.....   | 24 |
| 4.1   | Koehenkilöiden määrä, jakauma, puhutut kielet, materiaali ..... | 24 |
| 4.2   | Tulosten esittely .....   | 25 |
| 4.3   | Suomi.....  | 26 |
| 4.4   | Ruotsi.....   | 26 |
| 4.5   | Englanti .....  | 27 |
| 4.6   | Esperanto .....   | 28 |
| 4.7   | Saksa.....  | 29 |
| 4.8   | Ranska .....  | 30 |
| 5     | Päätelmät .....   | 30 |
|       | Lähteet .....   | 33 |
|       | Taulukot .....  | 37 |
|       | Liitteet.....   | 38 |

## 1 Johdanto

Tässä työssä tarkoitukseni on tutkia puheen muuntelua Pronouncer-ohjelman avulla. Ohjelman on tehnyt Pronouncer Europe. Pronouncer Europe tarjoaa ohjelmaa, jonka tarkoituksena on puheen ääntämisen analysointimetodi, jonka tarkoituksena on identifioida ja profiloida puhujan äidinkieli. Halusin tutkia, onko ohjelmalla mahdollista tunnistaa kielen muuntelijaa tapauksessa, jossa esimerkiksi maahan pyrkijä esittää paperitonta henkilöä ja pyrkii valehtelemaan todellisen kotimaansa ja myös osana väittäisi äidinkielekseen jotain muuta kuin mitä se todellisuudessa on. Lisäksi haluan tietää, onko ohjelmaa mahdollista hyödyntää biometristen ääniavainten kehittämisessä.

Aihe on etenkin tällä hetkellä hyvin ajankohtainen, sillä maahanmuuttajia on Suomessa ja muualla Euroopassa paljon, eikä kaikilla ole oikeita henkilöllisyystodistuksia mukanaan. Joukkoon mahtuu varmasti myös sellaisia henkilöitä, joilla ei ole todellista turvapaikan tarvetta, joten heidän tunnistamisensa on tärkeää ja tämä ohjelma voisi auttaa siinä. Työn tutkimuksellisessa osassa on keskitytty tuttuihin eurooppalaisiin kieliin. Työn pohja on automaattisen puheentunnistuksen läheisesti liittyvällä alalla eli biometrisissa avaimissa.

Työ on kahden tutkinnon yhdistelmä: Laurean opinnoissa olen keskittynyt turvallisuusalaan ja Helsingin yliopistossa pääaineeni on yleinen fonetiikka, eli oppiaine, joka tutkii normaalin puheen tuottamista, havaitsemista ja akustiikkaa. Sain taustalle tilaajana toimivan Pronouncer European, minkä avulla sain yhdistettyä molemmat opintoni osaksi tätä työtä. Tämän lisäksi keskusrikospoliisin äänitutkija Tuija Niemi on ollut yhteistyössä etenkin fonetiikan puolen asiantuntijana.

Työn aihe valikoitui siten, että kuulin ohjelmasta aiemmin yliopiston kautta ja ohjelma oli syksyllä 2014 myös Laureassa eräällä opintojaksolla kehitettävänä. Puhuin aiheesta yhteyshenkilöiden kanssa ja taustat kerrottuani päädyimme siihen, että yhdistän molempien tutkintojeni tietotaitoja tähän työhön. Pronouncer-ohjelma on vielä kehitysvaiheessa, minkä vuoksi tähän työhön oli tärkeää saada ohjelman testausta.

### 1.1 Mitä Pronouncer-ohjelma antaa turvallisuusalalle

Pronouncer-ohjelma on tarkoitettu poliisi-, raja- ja ulkomaalaisviranomaisten käyttöön henkilön äidinkielen tunnistukseen. Yrityksen tavoitteenansa on luoda ohjelma, jolla ammattilaiset sekä fonetiikkaan perehtymättömät voisivat tehdä päätelmiä puhujan äidinkielestä. Lisäksi ohjelma on luotu niin, että kaikki ohjelman vaiheet ovat läpinäkyviä ja niitä voidaan myöhemmin käyttää tarvittaessa todistusaineistona. (Pronouncer Europe 2015.)

Ohjelma perustuu kielitypologiaan, millä tarkoitetaan sitä, että kaikki kielet voidaan tunnistaa niiden ominaisista piirteistä. Tämä tarjoaa uuden lähestymistavan äidinkielen tunnistamiseen, koska se vähentää monimutkaisia tunnistusprosesseja. Käytössä on poissulkeva tunnistamisen prosessi, joka perustuu kuulohavaintoihin. Kuulohavaintoja voi tehdä niin kielitieteen perehtymätön virkailija kuin alan asiantuntijakin. Ohjelma toisi säästöjä ajallisesti ja rahallisesti esimerkiksi poliisille ja rajavartiolaitokselle, kun epäiltyjä ei tarvitse pidättää pitkiksi ajoiksi vaan äidinkielen tunnistaminen tapahtuisi nopeasti. (Pronouncer Europe 2012.)

Pronouncer Europe kertoo eräässä rahoitushakemuksessaan (2012) tarjoavansa uutta automatisoitua kielitieteellistä ratkaisua Euroopan kasvavaan maahanmuutto-ongelmaan. Poliisi tarvitsee keinoja, joilla se voi tunnistaa kielen tai murteen todistajalausunnoissa ja identifioida kielen esitutkinnassa, kun tutkitaan nauhoitettuja puhenäytteitä. Poliisin haasteena on esimerkiksi ihmiskauppa, mihin tarvitaan avuksi keinoja, joilla voidaan luotettavasti tunnistaa uhrien kotimaa. Ihmiskaupassa uhrien kotikylän tunnistaminen on tärkeää, jotta ihmiskauppias voitaisiin löytää. Yleensä ihmiskauppauksessa myyjä on samasta kylästä kuin uhrit, mutta uhrit vaikenivat, sillä he tietävät, että ihmiskauppaaja tuntee heidän perheensä. (Marttila 2015c; UNODC 2015.) Poliisin kohtaaman ihmiskaupan ongelman lisäksi myös rajavaltuuteen tarvitaan nopeampia keinoja tunnistaa tulijoiden alkuperä. Nopeutta tarvitaan erityisesti tällä hetkellä niin rajavartiostossa kuin maahanmuuttoviranomaisillakin, kun maahan pyrkijöiden määrä on nousussa. (Pronouncer Europe 2012.)

Turvallisuuden näkökulmasta Pronouncer Europe pyrkii tarjoamaan ohjelmaa, jolla esimerkiksi rikoksen uhriksi joutunut henkilö, voisi auttaa rikostutkintaa, minkä avulla voisi tunnistaa puhujan äidinkielen ja saada siten rikoksen tehnyt henkilö kiinni. Ohjelmaan voidaan syöttää kielimalleja, joita voidaan soittaa kuulijalle ja kysyä, muistaako hän kielimallin kuultuaan jotain erikoista tekijän puheesta. Puheen aksenttia on vaikea piilottaa toisin kuin esimerkiksi kasvot. Puhenäytteet voisivat olla esimerkiksi sellaisia, että malliäännöksen tuottava henkilö puhuisi äidinkieltään, suomea ja englantia, ja näitä valmiita malleja sitten verrataan kuulijan (uhrin) kertomuksiin. (Pronouncer Europe 2011.)

Erikielisiä näytteitä voidaan huomioida myös esimerkiksi tilanteessa, kun yhteistä kieltä ei tunnu löytyvän ja esimerkiksi henkilöllisyystodistuksia ei ole. Ohjelmaan voisi syöttää mallilauseita, joihin henkilö voi vastata kyllä tai ei, jolloin onkin tärkeää seurata, minkä kielen kohdalla henkilö näyttää reagoivan. Toisaalta aina voi yrittää myös sellaista, että henkilöä pyydetään nimeämään joitakin kuvia omalla äidinkielellään ja saatu näyte analysoidaan ohjelman avulla. (Pronouncer Europe 2011.) Tällaiselle ominaisuudelle on varmasti käyttöä tälläkin hetkellä pakolaiskriisin aikana.

Työ on ollut keskusrikospoliisin rikosteknisen laboratorion foneetikolla luettavana ja kommentoitavana erityisesti fonetiikan osalta. Keskustelin sähköpostitse (Niemi 2015), mitä erityisesti poliisin edustaja odottaa tältä ohjelmalta ja/tai tältä työltä. Pronouncer-ohjelma on hyödyllinen, sillä se voi olla samaan aikaan käytössä useammalla viranomaisella. Ohjelman valtti on nopeus, koska työ tehtäisiin Suomessa (esimerkiksi yhtenä palveluna rikosteknisessä laboratoriossa) ja sitä voisi hyödyntää monenlaisissakin tapauksissa, kuten esimerkiksi tällä hetkellä pakolaiskriisitilanteessa. Tällä hetkellä kaikista vaikeimpia näytteitä lähetetään Ruotsiin Språkab-nimiselle yritykselle. Yritys tarjoaa käännöstöitä, oikeusfoneettisia palveluja ja kielianalyysseja, joita se on tehnyt vuodesta 1993 asti ja tämä metodi on tällä hetkellä ainakin Ruotsin maahanmuuttoviraston käytössä (Språkab 2015). Niemen kanssa käydystä sähköpostikeskustelusta (2015) ilmeni, että tähän kuluu paitsi aikaa myös rahaa, sillä työ on kallista tehdä, joten sinne lähetetään vain ne vaikeimmat tapaukset, joihin tarvitaan konsultaatiota. Pronouncer-ohjelma on tämän sähköpostihaastattelun perusteella selkeästi tarpeellinen.

## 1.2 Tämän työn tavoitteet

Työ tilaaja Pronouncer Europe ja asiantuntija keskusrikospoliisilta, joka edustaa yhtä ohjelman tulevaisuuden käyttäjää, ovat olleet tärkeimpinä kommentoijina työn tavoitteiden asettamiselle. Työ on suurimmaksi osaksi ohjelman käytännön testausta siitä näkökulmasta, että puhuja pyrkii muuntelemaan äidinkieltään. Tällainen testaus on tärkeää, jotta tilanteisiin voidaan varautua ja miettiä keinoja, miten luotettavia tulokset ovat. Poliisin edustaja kuten tilaajakin hyötyy tästä työstä kaikista eniten siten, että Pronouncer-ohjelma saadaan kehitettyä kunnolla käyttöön otettavaksi.

Tutkin opinnäytetyössä puheen muuntelun lisäksi automaattista puheentunnistusta ja puhujan tunnistusta ja sen erikoisalaa, biometrisiä avaimia. Nämä aiheet ovat tärkeitä, sillä Pronouncer-ohjelmaa voisi hyödyntää myöhemmin biologisena avaimena toimivan äänitunnisteen kehittämisessä. Äänitunniste voisi tulla mukaan esimerkiksi passeihin sormenjälkien rinnalle omana sirunaan ja äänitunnistetta voitaisiin siten hyödyntää esimerkiksi Pronouncerin kaltaisessa ohjelmassa. Tällöin matkustajan kansalaisuudesta voisi saada varmempaa, kun sirulla olisi tunnistena puhujan äidinkieli hänen itsensä tuottamana puheena. Myös passien väärentämiset ja väärinkäytökset ovat hankalampia, kun passissa on puhenäytesiru henkilön omalla äidinkielellä. Mikäli kyseessä on esimerkiksi kaksoiskansalaisuuden saanut henkilö, voisi siruun istuttaa puhenäytteen molemmista kielistä.

Biologiset avaimet ja puheen automaattinen tunnistus liittyvät myös olennaisesti siihen, että Pronouncer-ohjelma voitaisiin myöhemmin automatisoida. Pronouncer European tavoitteena on, että ohjelmaa pystyy myöhemmin hyödyntämään ilman, että dataa tutkittaisiin manuaalisesti. Tämän vuoksi mielestäni on tärkeää, että automaattista puhujan tunnistusta varten



tehdään jo varhaisessa vaiheessa testauksia, vaikkakin tässä työssä puhenäytteet on tutkittu manuaalisesti.

Ohjelmaa voisi käyttää apuna biologisten avainten kehittämisessä, joihin kuuluvat esimerkiksi puhe, silmän iiris ja sormenjäljet. Puhe yksinään ei riitä avaimeksi, sillä siihen vaikuttavat muun muassa terveydentila, tunteet ja taustahäly. Jos puhuja on esimerkiksi käynyt edellisellä iltana viihteellä ja nauttii illan aikana useamman lasin viskiä, voi hänen puheensa kuulostaa jopa oktaavin matalammalta kuin normaalissa tilanteessa. Tällaiset variaatiot tuovat jo itsessään haasteita, mutta sen lisäksi yhtenä riskinä ovat imitoijat, jotka voivat mahdollisesti murtaa äänitunnisteen. Tavoitteena on pohtia ohjelman käytännön testauksen kautta, pystyisikö sitä hyödyntämään biometristen ääniavainten kehittämisessä.

Työ on kohdistettu erityisesti puheentutkimuksen parissa työskenteleville, jotka saavat uusia tutkimusaiheita- ja kohteita äidinkielen tunnistamisen alueelta. Pronouncer European kohderyhmä eli poliisi-, raja- ja maahanmuuttoviranomaiset ovat myös tämän työn kohderyhmää, sillä ohjelma on heille tehty. Kulunvalvontaa kehittävät henkilöt voivat hyötyä työstä biometristen ääniavainten kehittämisessä.

Tiivistettynä tutkin automaattista puheentunnistamista, erityisesti sen erikoisaluetta biometrisia avaimia ja teen case-tutkimuksen Pronouncer-ohjelmasta. Tarkoituksena on tutkia, miten ohjelma toimii ja pystyykö ohjelmaa huijata sekä miten ohjelmaa voidaan hyödyntää biometristen ääniavainten kehittämisessä.

### 1.3 Tutkimuksen prosessikuvaus

Sain aiheen tähän opinnäytetyöhön syksyllä 2014, jolloin Pronouncer Europe oli esittämässä ohjelmaansa eräällä Laurean opintojaksolla. Tällöin juttelin yrityksen yhteyshenkilöiden kanssa ja sovimme tarkemmin tekemämme yhteistyössä opinnäytetyön, jonka tavoitteena on tutkia puheen muuntelua tilanteessa, jossa esimerkiksi paperiton maahan pyrkijä esittää tulevansa maasta, mutta viranomaisten epäilyt henkilön alkuperästä eivät ole samat. Yhtenä keinona henkilön identiteetin ja kotimaan tunnistamisessa on kieli, sillä puheen aksenttia on vaikea piilottaa toisin kuin esimerkiksi kasvot (Pronouncer Europe 2011).

Tarkemman aiheen selvittyä, alkoi tiedon keräys tärkeistä aiheista kuten puheen muuntelusta ja biometrisistä avaimista sekä työn tutkimuksellisesta osuudesta eli ohjelman testauksen kohteina olevista kielistä. Lähdemateriaalien keräyksen jälkeen, rakensin koeasetelmaa. Koeasetelman rakentamisessa oli myös tärkeää tutkia, miten ohjelma kokonaisuudessaan toimii.

Koko prosessin ajan olen ollut yhteydessä työn tilaajaan ja keskusrikospoliisiin. Olen saanut molemmilta tahoilta paljon palautetta ja hyviä ideoita, joita olen pyrkinyt työhön sisällyttämään. Itselleni tärkeintä koko prosessissa on ollut se, että tilaaja on tyytyväinen, sillä hän on se, jolle työ tehdään ja joka tämän työn tutkimuksesta hyötyy eniten.

#### 1.4 Tutkimuskysymys

Tutkimuskysymykset liittyvät ennen kaikkea Pronouncer-ohjelmaan, ”*onko ohjelmassa mahdollista muunnella oma äidinkielenä*” ja ”*onko ohjelmaa mahdollista hyödyntää biometristen ääniavainten kehittämisessä*”. Erityisesti näihin kysymyksiin halusin löytää vastaukset. Vaikka aiheet ovatkin melko laajoja, oli hyvien lähteiden löytäminen melko haasteellista. Ongelmaksi muodostui esimerkiksi se, että osa puhetieteisiin liittyvistä tutkimuksista saattoivat olla hyvinkin vanhoja tai materiaali muutoin hankalasti saatavilla. Tämän vuoksi pitäydyin niissä lähteissä, joissa käsiteltiin juuri selkeästi aihetta ja jotka eivät olleet kärsineet ajankulusta. Tämä osoittaa myös sen, että esimerkiksi puheen muuntelu ja biometriset (ääni)avaimet aiheena vaatisivat lisätutkimusta.

Lähdemateriaalin keräyksen ja tutkimisen jälkeen rakensin koeasetelmaa, mitä ja miten tutkisin ohjelman toimivuutta. Päätin kerätä tuttava piiristäni melko saman ikäisiä koehenkilöitä antamaan puhenäytteitä eri eurooppalaisilla kielillä. Tutkittavat kielet (suomi, ruotsi, englanti ja esperanto) valikoituivat tilaajan kanssa käydyn keskustelun jälkeen. Neljä kieltä koettiin hyväksi määräksi, jolloin ohjelmaa päästään tutkimaan vähän laajemmin ja määrä ei ole koehenkilölle kuitenkaan liian raskas. Lisäksi suomi, ruotsi ja englanti ovat sellaisia kieliä, joita koehenkilöt osaavat jollakin tasolla varmasti suomalaisen koulujärjestelmän vuoksi, kun taas esperanto on tutkittaville vieraampi ja siksi kiinnostava tutkimuskohde. Tuttavapiirissäni on kuitenkin henkilöitä, jotka osaavat useampia kieliä ja olivat innokkaita antamaan puhenäytteen myös näillä kielillä, joten muutamilta on saatu myös näytteet saksaksi ja ranskaksi. Koehenkilöiden käyttämä materiaali on esitelty liitteissä (liite 3).

Koehenkilöt lukivat ääneen kullakin tutkittavalla kielellä Kalevala-aiheisen tekstin, joka on lainattu Wikipediasta. Tämän lisäksi heidän tuli kertoa jostakin mukana olleesta kuvasta spontaanisti, mitä he näkivät. Kuvat sai valita oman mielensä mukaan ja tuotetun tekstin pituutta ei ollut määritetty. Sekä teksti että kuvat tulee luonnollisen puheen tutkimusta tehdessä olla mahdollisimman neutraaleja, jotta ne eivät turhaan herätä puhujassa tunteita. Tarkoituksena tutkimuksessa on ollut kielen tutkiminen, joten emotioita puheessa ei tarvitse herättää. Puheen tutkimuksessa on hyvä käyttää sekä spontaania että lukupuhuntaa, jolloin puhujan tuotetusta kielestä saa elävämmän käsityksen. Spontaanissa puheessa esiintyy kielen vivahteita ja sanavalinnat voivat olla hyvin erilaisia kuin mitä ne olisivat pelkkää lukupuhuntaa tuotettaessa.

## 1.5 Keskeiset käsitteet

Tämän työn osalta keskeisiä käsitteitä on puheen muuntelu, biometriset avaimet ja automaattinen puheentunnistus. Puheen muuntelu on keskeinen käsite, koska tutkimuksen tavoitteena on saada selville, pystyykö ohjelmaa huijaamaan toisin sanoen pystyykö oman äidinkielenensä aksentin peittämään ja samalla muuntamaan äidinkieltään. Biometriset avaimet ovat kiinnostuksen kohteena jatkokehityksen kannalta. Automaattinen puheentunnistus puolestaan on ohjelman osalta tulevaisuutta, kun ohjelma saadaan kehitettyä paremmin itseksensä toimivaksi. Luvussa 4 on kerrottu laajemmin käsitteitä, mutta tässä kohtaa on syytä käydä kaikista keskeisimmät termit läpi.

**Puheen muuntelulla** tarkoitetaan esimerkiksi oman aksentin muuttamista niin, ettei kuulosta itseltään, mutta ei kuitenkaan matkita tiettyä kohdehenkilöä. Tavoitteena on usein rikostutinnan harhaanjohtaminen. (Zetterholm 2003, 4.)

**Biometriset avaimet** ovat ihmisruumiin uniikkeja tunnistaita, joita käytetään tunnistamaan joku yksilö. On hyvin harvinaista, että löytyy kahta samanlaista biometristä tunnistetta. Yleisimmin biometrisiksi tunnistaita luetaan kasvot, ääni, sormenjälki, silmän iiris, kämmenen muoto sekä allekirjoitus. (Tietosuojavaltuutettu 2010.)

**Automaattinen puheentunnistus (ASR)** on ohjelma, jonka tarkoituksena on määrittää ja tuottaa kuulemastaan puhesignaalista sopivin sana tai teksti. Tunnistuksen lähtökohtana on laskea puheen äänteiden ominaispiirteitä, joita verrataan suurempaan puheaineistoon. (Aaltonen, Aulanko, Iivonen, Klippi & Vainio 2009, 336.)

## 2 Tutkimusasetelma

Opinnäytetyö on luonteeltaan toiminnallinen, tutkimuksellinen kehittämistyö eikä esimerkiksi tieteellinen tutkimus, sillä työ ei pyri tuottamaan uutta tietoa tai teoriaa vaan nimenomaan luonnostelea, kehittelee, ottaa käyttöön ja etsii parempia ratkaisuja ja vie asioita eteenpäin. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2009, 18-19.) Työssä on juuri tarkoituksena saada kehitettyä Pronounceria ja toisaalta ylipäättänsä testata, miten ohjelma toimii. Ohjelma on vielä kehitysvaiheessa, jonka vuoksi kaikki saatava testipalaute on tärkeää. Kuten Ojasalon ym. (2009, 22) Kehittämistyön menetelmät - teoksessa kerrotaan, kehittämistyössä on tärkeää osoittaa teoriapohja, johon työ liittyy ja tuodaanko siihen jotain uutta. Lisäksi kehittämistyössä uusi tieto syntyy yleensä niissä ympyröissä, joissa toimintaa on.

Toimintatutkimuksella (action research) tarkoitetaan tutkimusta, joka perustuu tutkitun tiedon tuottamiseen ja käytännön muutoksen aikaansaamiseen. Tärkeää on saada muutos käy-

täntöön ja toisaalta on tärkeää tehdä aktiivista yhteistyötä. (Ojasalo ym. 2009, 38-40.) Keskusrikospoliisi ja Pronouncer Europe ovat olleet mukana yhteistyössä. Toiminnalliselle tutkimukselle on ominaista se, että se on osallistuvaa tutkimusta, jossa pyritään tuomaan käytännön ongelmaan muutosta: tärkeää on yhdistää käytäntö ja teoria, mikä on usein ongelmallista. Lisäksi tarkoituksena on kertoa se, miten asioiden tulisi olla, ja toiminnallinen tutkimus on usein hyvin käytännönläheistä. (Ojasalo ym. 2009, 58-62.) Tämä työ on vahvasti toiminnallinen tutkimus, sillä työ pyrkii tarjoamaan Pronouncer Europelle ideoita, mihin suuntaan ohjelmaa voisi kehittää. Toisaalta käytännönläheisyys tulee esiin ohjelman testauksessa ja sen kautta havaituissa kehitysehdotuksista.

Työssä on tapaustutkimuksen (case study) piirteitä, sillä tutkimus keskittyy yhteen yritykseen tai tuotteeseen. Tarkoituksena on tuottaa syvällistä tietoa tutkittavasta tapauksesta, toisin sanoen tuottaa paljon syvällistä tietoa suppeasta aiheesta. Tärkeimmät kysymykset ovat miten ja miksi. (Ojasalo ym. 2009, 52-53.) Tässä työssä on keskitytty vain yhteen yritykseen ja sen tuotteeseen, jota on tarkoitus kehittää parempaan suuntaan. Tieto, mitä tässä työssä on esitetty, on suppeasta alueesta; puheesta ja siihen liittyvistä aihepiireistä eli biometrisistä avaimista, automaattisesta puheen- ja puhujatunnistuksesta sekä puheen, tai tarkemmin kielen, muuntelusta. Osaksi näen työssä myös hieman ennakkointia (foresight), missä pyritään tutkimaan tulevaisuutta silmällä pitäen asioita. On tärkeää varautua muutoksiin ja toisaalta yhdistää ajatukset innovaatioihin. (Ojasalo ym. 2009, 80.) Ennakointia tässä työssä on sen kytkeminen biometrisiin ääniavaimiin, jotka voivat tulevaisuudessa olla entistä enemmän hyödynnettyjä. Kyseessä on ennakkointi senkin takia, että ohjelma ei ole vielä toistaiseksi ollut kohderyhmällä käytössä.

Tavoitteenani työn tutkimuksellisessa osuudessa on ollut kerätä pieni otos puhujia, jotka antavat spontaanin ja lukupuhunnallisen näytteen suomeksi, ruotsiksi, englanniksi, esperantoksi ja mahdollisesti muulla haluamallaan kielellä. Koehenkilöiden käytössä olleet materiaalit ovat liitteissä (liite 3). Puhujat tulivat omasta ystävä- ja sukulaispiiristäni ja äänityksiä tehtiin esimerkiksi ystäväni luona, joten koetilanne itsessään oli rennompimpi, mikä varmasti edesauttoi puhujaa muuntelemaan tuotostaan mahdollisimman hyväksi. Puhuttavat materiaalit annettiin puhujille jo rekrytointivaiheessa, jotta he pystyivät harjoitamaan aksenttinsa mahdollisimman hyväksi ja tutustumaan ylipäättänsä materiaaleihin. Puhujan tavoitteena on ollut tuottaa mahdollisimman paljon kohdekielen natiivilta puhujalta kuulostava näyte, esimerkiksi ruotsia puhuttaessa saa yrittää matkia niin skoonelaista aksenttia kuin haluaa. Tällöin materiaaliin tutustuminen etukäteen toivon mukaan vähentää takeltelua ja tuotos on mahdollisimman luonteva sekä tätä tutkimusta tukeva.

Äänitysten jälkeen syötin näytteet Pronouncer-ohjelmaan ja katsoin, minkä kielen puhujaksi ohjelma arvioi kunkin näytteen. Pronounceria on tarkoitus käyttää apuna raja-, poliisi- ja

maahanmuuttoviranomaisilla esimerkiksi turvapaikanhakijan kotimaan tunnistuksessa, on mahdollista, että henkilöllä ei ole mitään papereita, joilla todistaisi olevansa tietyn maan kansalainen. Yksi keino kansalaisuuden tunnistuksessa on kieli, joka voi olla puhujan äidinkieli, mutta hän on voinut myös opetella vieraan aksentin. Tutkimuksessa olen yrittänyt ohjelman avulla rajata puhujan mahdollisen äidinkielen potentiaalisempiin vaihtoehtoihin esimerkiksi listaamalla kieliperheen ja sen sisältä muutamien parhaiten sopivan kielen. Kielten listaus tapahtuu kuuntelemalla ääninäytteitä ja rajaamalla näytteissä esiintyviä äänteitä, foneemeja ja sen allofoneja eli tietyn äänteen variantteja joko niin, että äänne kuului näytteissä eli *äänne kuuluu kieleen, ei osaa tätä äännettä* tai jättämällä äänen kohdalla *valinta kokonaan tyhjäksi*. Ei osaa tätä äännettä -valinta on melko rankka poissuljenta. Ideana ei osaa tätä äännettä -valinnalle on se, että kun kuulee jonkun puhuvan kieltä tietyllä aksentilla, kuulijan tulisi valita ne äänteet, joissa puhuja tekee selkeän virheen. Esimerkiksi jos kuulee jonkun käyttävän ranskalaista ärrää suomea puhuessaan, kuulijan ei tarvitse tietää, mikä äänne se on vaan voi valita, ettei henkilö osaa suomenkielessä esiintyvää /r/-äännettä. Tällöin ohjelma poissulkee ne kielet, joissa esiintyy suomenkielinen /r/-äänne. (Marttila 2015b.)

Ohjelmassa on mahdollisia foneemeja 536 kappaletta, joten työ on melko hidasta ja kerättävien näytteiden tulisikin olla hyvin monipuolisia äänteiden kannalta. Tutkittavan datan määrä on kuitenkin tärkeä ottaa huomioon, sillä mitä enemmän dataa on, sitä varmemmaksi voi tulla puhujan tuottamista äänteistä ja kokonaisuutta katsellen puhutusta kielestä. Tuloksissa äänteet on kuunneltu ja merkitty aina sitä mukaan kun ne on havaittu esiintyvän. Tässä tutkimuksessa en käyttänyt ”ei kuulu tähän kieleen” -ominaisuutta, mikä on myös mahdollista Pronouncerin käytössä. Tällöin ohjelma poissulkee ne kielet, missä kyseinen äänne esiintyy. Ohjelmassa on myöhemmin myös mahdollista valita kieliä alueiden mukaan, esimerkiksi eurooppalaiset kielet tai afrikkalaiset kielet. Tämän tutkimuksen aikana tuo vaihtoehto ei ollut vielä käytössä, minkä vuoksi tuloksissa on kieliä muualtakin kuin Euroopasta.

### 3 Teoreettinen viitekehys

Tarkoitukseni on kertoa tiivistetysti niistä teemoista, mitkä liittyvät tähän opinnäytetyöhön. Aluksi käsittelen puheeseen, kieleen ja muunteluun liittyviä asioita, sen jälkeen automaattista puheentunnistusta, biometrisia avaimia ja lopuksi käyn läpi case-tutkimuksesta varten äänitettyjen kielten keskeisiä piirteitä. Avaan tässä osiossa keskeisiä käsitteitä, jotta esimerkiksi fonetiikkaan perehtymättömät ymmärtävät aihepiirin sanastoa myöhemmin tuloksia käsitellessä.

### 3.1 Puhe ja kieli

Puhe on ihmiselle tyypillinen kommunikointimuoto, jota tuotetaan ihmisen puhe-elimistössä. Jotta puhe saataisiin korviin kuultavaksi ja aivoihin tulkittavaksi, tarvitsee puhe-elimistössä oleva ilmavirta saada liikkeelle. Tyypillisimmin ilmavirta lähtee keuhkoista, virtaa läpi kurkunpään saaden siellä sijaitsevat äänihuulet värähtelemään ja saa aikaan puheelle tyypillisen (sointi)äänen. Tämä ääni kulkee niin kutsutun ääntöväylän eli äänihuulten ja huulten väliin jäävän väylän läpi ulos. Ääntöväylää on mahdollista muokata erilaisiin asentoihin, jolloin ääni resonoituu eli muokkautuu erilaisiksi äänneiksi. Puhe yksinkertaistettuna sisältää kolme erilaista vaihetta eli ilmavirran aikaansaaminen (initiaatio), kuuluvan (sointi)äänen tekeminen (fonaatio) ja aikaansaadun äänen muokkaaminen ääniväylän muutoksilla (artikulaatio). Tämä kolmijako ei ole täysin yksiselitteinen, joten nämä kolme vaihetta eivät aina esiinny juuri tässä muodossa, esimerkiksi jos ilmavirta ei olekaan suunnattu ulospäin vaan sisäänpäin (ingressiivinen puhe). (Aaltonen ym. 2009, 10, 136-137.)

**Prosodia** tarkoittaa puheen ”laulullisia ominaisuuksia”. Prosodiset ominaisuudet liittyvät keστοon (ajoitukseen), painotukseen, rytmiin ja sävelkulkuun- ja korkeuteen. Prosodiaan liittyvät myös suprasegmentaaliset piirteet, mitkä ovat äännetason ”yläpuolella” olevia piirteitä eli sävelkulku ja puheen voimakkuus. (Aaltonen ym. 2009, 387, 391.) Pronouncer -ohjelmassa ei tutkita puheen prosodiaa, mutta kokonaiskuva tutkiessa, prosodia vaikuttaa kielen tunnistamiseen.

**Foneemi** on kielen järjestelmään kuuluva pienin sanamuotojen merkityksiä erottava abstrakti yksikkö. Foneemit merkitään vinoviivoin, esimerkiksi /a/, /s/, /r/. Sanat voidaan purkaa yksittäisiksi foneemeiksi ja rajallisesta määrästä foneemeja voidaan luoda loputon määrä sanoja. Allofoni puolestaan on foneemien variantteja, eli foneemien erot luodaan sanaympäristön avulla. Toisaalta allofoni voi olla myös äännevariantti samassa sanassa ilman, että sanan merkitys vaihtuu, esimerkiksi suomen kielen /s/ joka ei aiheuta erilaisella ääntämistavalla merkityseroa sanassa /kissa/. (Aaltonen ym. 2009, 376 ja 379.)

Foneemi on eri asia kuin grafeemi, millä tarkoitetaan kirjainta eli kirjoituksessa pienintä merkityksen luovaa yksikköä (Tieteen termipankki 2015b). Tämän työn liitteissä (liite 1) on International Phonetic Associationin viimeisin foneettinen äännekartta eli The International Phonetic Alphabet, mistä löytyy tiiviissä muodossa kaikki tunnistetut foneemit. Pronouncer -ohjelmassa mahdollisia äänneitä on 536 kappaletta.

**Diftongilla** tarkoitetaan kahden peräkkäisen saman tavuisen vokaalin muodostamaa kokonaisuutta. Esimerkiksi suomen kielessä diftongi [au] sanassa aurinko. (Aaltonen ym. 2009, 378.)

Pronouncer -ohjelmassa on valmiina mallinnettuna maailman kielessä esiintyviä diftongeja, jotka vaikuttavat osaltaan kielen tunnistukseen.

**Äidinkieli** on yleensä ihmisen ensikieli: lapsi omaksuu muilta ympäristönsä ihmisiltä kielen, jota hän yleensä käyttää läpi elämänsä. Äidinkieli voi tosin vaihtua, mikäli ihminen muuttaa toisaalle ja oppii käyttämään uutta kieltä aktiivisesti arkielämässään. Sen sijaan ensikieli pysyy aina samana, vaikka sitä ei puhuisi enää lapsuuden ensivuosisien jälkeen sanaakaan. Äidinkieliä voi puhujilla olla useampia. (Tieteen termipankki 2014f.) Tämän opinnäytetyön yhteydessä tehdyssä tutkimuksessa kaikilla koehenkilöillä oli vain yksi äidinkieli eli suomi.

**Aksentti** on puheen korostusta tarkoittava termi. Sillä voidaan tarkoittaa erilaista korostusta esimerkiksi tonaalisten keinojen käytössä (”musikaalinen aksentti”), se voi olla jonkin sanan tai tavun painottaminen, jotta se erottuu ympäristöstään (”dynaaminen aksentti”) tai ehkä yleisimmin käytettynä selityksenä, se on segmentaalisten ja prosodisten piirteiden yhteisvaikutus, jolla erotetaan ei-äidinkielineen puhuja natiivista puhujasta. (Tieteen termipankki 2014a.) Esimerkiksi monilla venäläisillä, jotka puhuvat suomea, saattaa kuulua puheen ääntämisessä, että he eivät ole suomen kielen natiiveja puhujia.

**Kielikunnat** (tai kieliperheet) ovat laajimpia mahdollisia sukukielten joukkoja. Niissä on pohjana yksi yhteinen kantakieli, josta ne pohjautuvat. (Tieteen termipankki 2014d.) Esimerkiksi suomi kuuluu uralilaiseen kielikuntaan, ja viro on siten samaan kielikuntaan kuuluvana suomen sukulaiskieli.

### 3.2 Muuntelu ja imitaatio

Muuntelussa on kyse siitä, ettei henkilö halua kuulostaa omalta itseltään, mutta hänellä ei ole myöskään mitään tiettyä kohdehenkilöä, jotka matkia. Tavoitteena on usein rikostutkinnan harhaanjohtaminen. Muuntelua voidaan tehdä puhelujen aikana esimerkiksi apuvälineiden avulla, jotka muuttavat puheen taajuutta, äänen laatua, prosodisia piirteitä, kuten intonaatiota tai painotusta tai he voivat muuttaa puheen murretta. (Zetterholm 2003, 4.) Puheen muunteluun liittyy esimerkiksi sävelkorkeuden nostamista tai laskemista tyypillisimmin kiskaukseksi ja puhutavan muuttaminen esimerkiksi puheen nopeuden tai intonaation suhteen. Lisäksi matkitun aksentin tunnistamisessa tärkeää on havaita erilaiset virheet ja kiinnittää huomiota ylikorostamiseen ja epäsäännönmukaisuuteen. (Neuhauser 2008, 132-133.)

Imitaatiolla puolestaan voidaan tähdätä kolmenlaiseen äänenkäyttöön: kielen oppiminen (language acquisition), viihdyttäminen imitoimalla (impersonation for entertainment) ja äänen muuntelu esimerkiksi huijaamistarkoituksella (voice disguise for cheating for example in criminal acts) (Zetterholm 2003, 3). Viimeksi mainittu on enemmän muuntelua kuin imitaatiota.

Imitaatio voidaan myös jakaa koneen ja ihmisen aikaansaamiin imitaatioihin. Ihmisen imitoissa pyritään kuulostamaan jonkin tietyn kohdehenkilön puheelta, koneellinen imitointi puolestaan käyttää hyväkseen algoritmeja ihmisen puheesta. (Kinnunen 2010.)

Imitoinnin tavoite on saada puhe kuulostamaan joltakin tietyltä, joko tietyltä kohdekieleltä kieltä opiskellessa tai joltakin kohdehenkilöltä, vaikkapa poliitikolta tai julkisuuden henkilöltä. Muuntelulla ei pyritä kuulostamaan keneltäkään tietyltä, vaan tavoite on ehkä enemmän olla tunnistamattomana ja siten esimerkiksi häiritä rikoksen selvittämistä. Tässä työssä ajatuksena on se, että puhuja haluaa peittää äidinkieltänsä ja muuntelee äidinkieltään niin, että se johdattaa väärään tulkintaan. Seassa on imitointia kohdekieltä kohtaan, mutta kuitenkin enemmän muuntelua, jolla pyritään saamaan erilainen lopputulos kuin oikeasti.

### 3.3 Automaattinen puheentunnistus

Automaattisella puheentunnistuksella eli ASR:llä (Automatic Speech Recognition) tarkoitetaan ohjelmaa, joka määrittää ja tulostaa sanan tai tekstin, joka parhaiten vastaa äänitettyä puhe-signaalia. Tunnistuksen perustana on se, että äänisignaalista lasketaan puheen äänteiden ominaispiirteet, joita verrataan suurempaan puheaineistoon, josta on laskettu äänteiden tilastolliset mallit. Tunnistin hyödyntää suuresta tekstiaineistosta opetettuja tilastollisia sanasto- tai kielimalleja, jotta se saisi valittua tasavahvoista malleista todennäköisimmät kohdekielen käyttämät sanat ja tekstit. Tunnistustarkkuuteen voidaan vaikuttaa esimerkiksi puhelimen äänivalinnassa rajaamalla käytettävä sanasto. Automaattinen puheentunnistus on poikkitieteellinen ala, missä tarvitaan paljon tietoa fonetiikasta ja kielitieteestä, akustiikasta, signaalinkäsittelystä sekä tietojenkäsittelystä. (Aaltonen ym. 2009, 336.) Pronouncer-ohjelman alkuperäinen toimintatapa on rakennettu niin, että kyse on enemmänkin automaattisesta puheentunnistuksesta, sillä ohjelma ei pyri tunnistamaan yksittäistä puhujaa tietyksi henkilöksi, kuten automaattinen puhujatunnistus tekee.

Automaattisen puheentunnistukseen liittyy myös automaattinen puhujantunnistus. Automaattisessa puhujantunnistuksessa tavoitteena on tunnistaa puhuja äänen perusteella. Puhujan tunnistaminen voidaan jakaa kahteen erilaiseen luokkaan tehtävän luonteen mukaan. identifiointitehtävässä tavoitteena on tunnistaa tuntematon puhuja useamman tunnetun puhujan joukosta kun taas verifiointitehtävässä puolestaan pyritään sanomaan, onko puhuja se joka hän väittää olevansa. Automaattinen puhujantunnistus on kaksivaiheinen prosessi, jossa ensimmäisessä opetusvaiheessa mallinnetaan jokaista puhenäytettä vastaava oma matemaattinen malli, joka kuvaa puhujan yksilöllisiä piirteitä. Tämä vaihe on yhteinen sekä identifioinnille että verifioinnille. Toisessa vaiheessa identifioinnissa tutkittavaa puhedataa verrataan muiden puhujien malliin ja valitaan sitten lähimpänä tutkittavaa kuulostava malli. Verifioinnissa malleja verrataan väitetyn puhujan malliin ja annetaan sitten positiivinen tai negatiiv-



nen päätös. (Kinnunen 1999, 1-2.) Pronouncer ei niinkään pyri tunnistamaan puhujaa muiden joukosta vaan se tunnistaa kielen. Automaattinen puhujatunnistus kuitenkin liittyy olennaisesti biometriin avaimiin, koska ääniavaimia käytettäessä, tavoitteena on tunnistaa tietty puhuja muiden joukosta. Mikäli ohjelmaa saadaan kaupallistettua ja muokattua, liittyy ohjelma enemmän automaattiseen puhujatunnistukseen kuin automaattiseen puheentunnistukseen.

### 3.4 Biometriset avaimet

Tietosuojavaltuutetun mukaan (2010) biometrinen tunnistus on sitä, että ihminen tunnustetaan käyttämällä hyväksi ihmisruumiin yksilöllisiä ja ainutlaatuisia biometrisiä tunnisteita esimerkiksi ihmisen sormenjälkeä. On hyvin harvinaista, että kahdella ihmisellä on samanlainen biometrinen tunniste. Yleisimpiä biometrisiä tunnisteita ovat kasvot, ääni, sormenjälki, silmän iiris, kämmenen muoto sekä allekirjoitus. Biometrinen tunnistus on se, että ne kulkevat aina mukana ja laitteiden manipuloiminen, esimerkiksi yrittämällä huijata ohjelmaa imitoimalla, on melko vaikeaa. Riskinä on kuitenkin se, että biometriset tiedot haltuunsa saanut henkilö voi käyttää saamiaan tietoja ja esiintyä toisena henkilönä, mitä on vaikea ennalta estää ja havaita. Tiedot myös yleensä kerätään johonkin rekisteriin, joten jos biometriset avaimet ovat käytössä esimerkiksi isossa yrityksessä ja siellä tapahtuisi tietovuoto, vaarana on, että tiedot leviäisivät ulkopuolisille. Parhaimman suojauksen saa, kun käyttää biometrisen avaimen rinnalla perinteisiä suojauskeinoja, kuten salasanaa tai mekaanista avainta.

Liikenne- ja viestintäministeriön vuonna 2005 julkaisemassa selvityksessä pohdittiin laajemmin biometrisen tunnistamisen tietoturvallisuutta ja yksityisyyden suojaa etenkin kaupallisessa ympäristössä. Varsinainen biometrinen tunnistaminen syntyi 1960-luvulla. Selvityksessä verrattiin esimerkiksi ääntä ja sormenjälkeä toisiinsa. Vuonna 2004 International Biometrics Group (IBG) arvioi, että kun rikostutkinnassa käytetyt biometriset tunnisteet jätetään huomioida, jakauma erilaisten biometrinen tunnistuskeskusten olisi taulukon 1 mukainen. Taulukosta selviää, että sormenjälki on selkeästi käytetyin biometrinen tunniste, mutta muut tunnisteet ovat melko tasoissa. Oman tulkintani mukaan Middleware tarkoittaa kaupallisia sovelluksia, esimerkiksi puhelimen kasvojen tunnistusominaisuutta tai tietokoneessa olevaa sormenjälkitunnistinta. Tästä Middleware-termistä ei ollut tarkempaa kuvausta käyttämässäni lähteessä.

| Sormenjälki | Kasvotunnistus | Kämmen | Iiris | Ääni | Muu | Middleware |
|-------------|----------------|--------|-------|------|-----|------------|
| 48 %        | 12 %           | 11 %   | 9 %   | 6 %  | 2 % | 12 %       |

Taulukko 1. IBG:n arvio biometrinen teknologioiden osuus vuonna 2004 ilman rikostutkinnallista osuutta. (Ailisto 2005, 5)

Antti Adamsson on tehnyt diplomityönsä (2015) Turun yliopiston informaatiotekniikan laitokselle aiheesta biometristen järjestelmien yksityisyys - haasteet ja mahdollisuudet. Työssä tuodaan hyvin esiin se, että biometrisiä avaimia on vaikea kopioida tai unohtaa jonnekin, mutta yhtenä haasteena niiden käytössä on yksityisyyden suojaaminen, mikä kävi myös ilmi liikenne- ja viestintäministeriön 2005 ilmestyneessä katsauksessa. Adamsson (2015, 1, 4-7) kertoi, että kasvot ovat yksi vanhimmista ja yksinkertaisimmista tavoista tunnistaa toisensa. Esimerkiksi suomalaisissa biometrisissa passeissa on tällä hetkellä tunnisteina sormenjälki ja kasvojen kuva. Toisaalta ihmiset käyttävät myös paljon puhetta ja kävelytyyliä toisiaan tunnistessa ja tämäkin voi tapahtua osittain tiedostamatta.

Liikenne- ja viestintäministeriön selvityksestä (2005) selviää myös erilaisia uhkakuvia, joita voidaan liittää biometrisiin avaimiin. Esimerkiksi yhtenä pelkona on vallan keskittyminen, jos viranomaiset saavat paljon tietoa ja yhdistävät saamansa tiedot muiden kanssa, jolloin tietoa saatetaan käyttää muissa tarkoituksissa kuin mihin ne on kerätty. Rekistereihin liittyy aina suurena uhkana se, että tiedot vuotavat muille kuin on tarkoitettu. Ehkä kuitenkin selvityksessä eniten on käsitelty identiteettivarkauksia ja -huijauksia, joissa henkilö X esiintyy henkilönä Y esimerkiksi varastamalla tai väärentämällä hänen biometrisen tunnisteensa. (Ailisto 2005, 4-7.)

Kulkutunnisteina vähiten turvallisina on avain, kulkukortti tai poletti, toiseksi turvallisina menetelmä on käyttää salasanaa tai PIN-koodia ja kaikista turvallisimpana pidetään biometriikkaa eli käyttäjällä olevaa ominaisuutta. Biometristä järjestelmää voidaan hyödyntää sekä varmentamisella (verification) että tunnistamisella (identification). (Adamsson 2015, 6.)

### Ääni biometrisena tunnisteena

Anil Jainin tekemää taulukkoa biometristen tunnistusmenetelmien yleisistä ominaisuuksista on käsitelty Liikenne- ja viestintäministeriön selvityksessä (2005). Taulukko kertoo hyvin sormenjälkien, kasvokuvien, iiriksen ja äänen ominaisuuksista.

| Piirre | Yleisyys | Eroottleisuus | Pysyvyys | Keräiltävyys | Toimivuus | Hyväksyttävyys | Kierrettävyys |
|--------|----------|---------------|----------|--------------|-----------|----------------|---------------|
| Sormi  | KA       | K             | K        | KA           | K         | KA             | KA            |
| Kasvo  | K        | M             | KA       | K            | M         | K              | K             |
| Iiris  | K        | K             | K        | KA           | K         | M              | M             |
| Ääni   | KA       | M             | M        | KA           | M         | K              | K             |

Taulukko 2. Jainin taulukko, jossa kuvataan seitsemän ominaisuutta neljälle biometriselle piirteelle. (Ailisto 2005, 26)

Taulukossa olevat termit:

Yleisyys = Jokaisella on oltava tämä biometrinen piirre

Eroteltavuus = Jokaisella on oltava yksilöllinen biometrinen piirre

Pysyvyys = Piirre ei saa muuttua ajan kuluessa

Keräiltävyys = Piirre on helposti mitattava

Toimivuus = Tunnistustarkkuus, tarvittavat resurssit, toimintakyky ja ympäristö

Hyväksyttävyys = Miten käyttäjät suhtautuvat tämän piirteen käyttöön

Kierrettävyys = Mahdollisuus huijata / ohittaa

KA =keskiarvo, K = Korkea, M = Matala. Yleensä korkean arvon saava on paras, keskiarvo melko hyvä ja matala ei ole kovin hyvässä asemassa. Viimeisessä mittaustekijässä (kierrettävyys), jossa korkean arvon saava on heikoimmassa asemassa ja väritys on siten erilainen kuin muissa. Esimerkiksi äänen voi ohittaa äänittämällä toisen puhetta tai mahdollisesti imitoimalla tätä. (Ailisto 2005, 26.) Tätä taulukkoa katsomalla ääni on melko heikko biometrinen tunnisteenkin yksinään. Parhaimman suojan saa tietenkin yhdistämällä useita erilaisia suojia, vaikkapa äänen ja sormenjäljen, minkä voisi esimerkiksi saada toimimaan passitunnistuksessa.

Liikenne- ja viestintäministeriön katsauksessa (2005, 34) on pyritty selvittämään, miten eri biometrisia tunnisteita voidaan hyödyntää myös yksityisellä sektorilla. Äänen kohdalla on suuria odotuksia, koska ääntä haluttaisiin hyödyntää etenkin puhelinpohjaisissa palveluissa esimerkiksi niin, että asiakas voidaan tunnistaa äänen perusteella. Yksityisyyden suojan kannalta puhujantunnistus on hyvä keino, mutta haasteena on se, että ääntä voidaan helposti äänittää myös puhujan tietämättä.

Ääni on yhdistelmä fysiologisia ja käyttäytymisen biometriikkaa. Äänentuotannolliset fysiologiset ominaisuudet ovat muuttumattomia, mutta tuotos eli puheääni vaihtelee. Se ei ole kovin hyvä suuren mittakaavan tunnistusjärjestelmässä. Äänijärjestelmiä on myös kahdenlaisia: tekstistä riippuva puheentunnistus, missä on ennalta määritetty, mitä puhujan tulee sanoa, ja tekstistä riippumaton puheentunnistus tunnistaa puhujan, vaikka sanominen olisi mitä. Jälkimmäinen on toki vaikeampi rakentaa, mutta varmempi, kun halutaan nostaa suojaustasoa ja välttää huijausyrityksiä. (Adamsson 2015, 12-13.) Tähän tekstistä riippumattoman puhujantunnistuksen rakentamiseen voisi käyttää apuna myös idiolektiä eli yksilön tapaa puhua. Idiolekti on eräällä tavalla yksilön murre, sillä se sisältää kaikki yksilölliset puheen piireet niin prosodian kuin sanastonkin kannalta. (Tieteen termipankki 2014c.) Puheeseen liittyvät biometriset avaimet liittyvät usein olennaisesti puhelimeen liittyviin sovelluksiin, kuten ajanvarausjärjestelmään. Yksinään ääniavain on myös huono, etenkin jos puhuja on kyvytön sairauden tai muun seikan vuoksi puhumaan. (Adamsson 2015, 12-13.)

Katakrin (kansallinen turvallisuusauditointikriteeristö, 2015) osuus I eli Tekninen tietoturvaluus on kokonaisuudessaan hyvä ottaa huomioon biometrisiä avaimia kehittäessä. Tällöin on mahdollisuus pyrkiä ottamaan huomioon esimerkiksi Adamssonin (2015) esittämä yksityisyyden suojan heikentymisen haaste. Katakrin osa-alue I käsittelee sellaisia vaatimuksia, joita soveltamalla pystyttäisiin varmistamaan turvallisuusjärjestelyiden riittävyys viranomaisen salassa pidettävien tietojen sähköisissä käyttöympäristöissä. Vaatimukset on jaoteltu tietoliikenne-, tietojärjestelmä-, tietoaaineisto- ja käyttöturvallisuuden osioihin. Katakrin kahdessa muussa osa-alueessa eli turvallisuusjohtaminen (T) ja fyysinen turvallisuus (F) on myös asioita, joita on hyvä ottaa huomioon paitsi biometrinen avainten käyttöä kehittäessä, mutta myös Pronouncer-ohjelman kehityksessä, vaikka ohjelmaan ei ole esimerkiksi tallennettuna vaikkapa väärin paperein maahan pyrkivän puhetta.

### 3.5 Kielistä yleensä

Maailmassa on noin 6000-9000 eri kieltä mutta tarkkaa arviota on vaikea sanoa. Tutkijat ovat yleensä hyvin erimielisiä siitä, mikä on oma kieli ja mikä taas jonkun kielen murre. Toisaalta osa kielistä on tutkijoille vieraita, joten on vaikea sanoa, ovatko ne itsenäisiä vai variantteja. Myös kielten oma kiertokulku hankaloittaa laskemista; kieli kuolee, kun sen viimeinen puhuja kuolee. Huomioitavaa on myös se, etteivät viittomakielet yleensä ole laskettuna mukaan 6000 kielen arvioon. (Solki 2005.) Laskentaa voidaan suorittaa eri tavoilla; onko kieli laskettava yhdeksi kieleksi, jos siltä puuttuu kirjakieli tai puhujien määrään voivat vaikuttaa maiden poliittiset tilanteet (Anhava 1999, 9-16).

Alla olevassa taulukossa on esitelty maailman puhutuimmat kielet Ethnologue-sivuston (2015b) mukaan. Taulukossa kielenalkuperämaalla tarkoitetaan sitä, mistä kyseinen kieli on peräisin (primary country) ja viimeisessä sarakkeessa on kyseisen kielen äidinkielliset puhujat.

| Sija | Kieli     | Kielen alkuperämaa       | Äidinkielliset puhujat (miljoonaa) |
|------|-----------|--------------------------|------------------------------------|
| 1    | Kiina     | Kiina                    | 1,197                              |
| 2    | Espanja   | Espanja                  | 399                                |
| 3    | Englanti  | Yhdistynyt Kuningaskunta | 335                                |
| 4    | Hindi     | Intia                    | 260                                |
| 5    | Arabia    | Saudi Arabia             | 242                                |
| 6    | Portugali | Portugali                | 203                                |
| 7    | Bengali   | Bangladesh               | 189                                |
| 8    | Venäjä    | Venäjä                   | 166                                |
| 9    | Japani    | Japani                   | 128                                |
| 10   | Lahnda    | Pakistan                 | 88.7                               |
| 11   | Jaava     | Indonesia                | 84.3                               |
| 12   | Saksa     | Saksa                    | 78.1                               |

| Sija | Kieli   | Kielen alkuperämaa | Äidinkieliset puhujat (miljoonaa) |
|------|---------|--------------------|-----------------------------------|
| 13   | Korea   | Pohjois-Korea      | 77.2                              |
| 14   | Ranska  | Ranska             | 75.9                              |
| 15   | Telugu  | Intia              | 74.0                              |
| 16   | Marathi | Intia              | 71.8                              |
| 17   | Turkki  | Turkki             | 70.9                              |
| 18   | Tamil   | Intia              | 68.8                              |
| 19   | Vietnam | Vietnam            | 67.8                              |
| 20   | Urdu    | Pakistan           | 64.0                              |
| 21   | Italia  | Italia             | 63.8                              |
| 22   | Malay   | Malesia            | 60.5                              |
| 23   | Persia  | Iran               | 57.0                              |

Taulukko 3. Taulukossa on esitetty 23 puhutuinta kieltä maailmassa, joiden puhujamäärä on vähintään 50 miljoonaa äidinkielistä puhujaa (Ethnologue 2015b).

### 3.6 Työssä käsitellyt kielet

Tapaustutkimuksen kaikki koehenkilöt ovat antaneet yhteensä neljä puhenäytettä. Puhenäytteet on annettu suomeksi, ruotsiksi, englanniksi ja esperantoksi. Valitsimme nämä kielet yhdessä tilaajan kanssa äänitettäväksi siksi, että kolmea ensimmäistä kieltä kaikki koehenkilöt ovat opiskelleet ja esperanto puolestaan on kieli, jota kukaan äänitettävistä ei ole opiskellut. Olen äänittänyt myös muutamilta koehenkilöitä saksan- ja ranskankielisiä näytteitä, sillä nämä koehenkilöt kokivat voivansa antaa puhenäytteet myös näillä kielillä.

Pronouncer-ohjelma perustuu kielen typologiaan (Pronouncer Europe 2012). Typologisella luokittelulla tarkoitetaan sitä, että selvitetään maailman kielten ominaisuuksia laajojen vertailujen pohjalta. Kielellisillä universaaleilla tarkoitetaan sellaista tutkimusta, missä tutkitaan, mikä on kaikille kielille yhteistä. Jos taas tutkitaan kielten välisiä eroja, keskeistä on luokitella ne eri tyyppeihin. Typologisessa luokittelussa kieliä tutkitaan niiden varsinaisten kielellis-rakenteellisten ja sanastollisten ominaisuuksien perusteella. (Tieteen termipankki 2014e.) Pyrkimykseni on kertoa tässä kohtaa lyhyesti kunkin tutkitun kielen tyypillisiä ominaispiirteitä, jotka ovat siis kielen luokittelun taustalla.

#### 3.6.1 Suomi

Suomi kuuluu uralilaiseen kielikuntaan ja sillä on yhteensä noin 5,1 miljoonaa puhujaa maailmanlaajuisesti. Suomen sanajärjestys on SVO (subjekti verbi objekti). (Ethnologue 2015f.) Suomen kielen ominaispiirteitä on se, että kieliopillisia suhteita ilmaistaan liittämällä sanan vartaloon päätteitä ja erilaisia liitteitä. Suomessa on 15 sijamuotoa, verbien persoonapäätteitä, omistusliitteitä, liitepartikkeleita ja johtimia, joita on lukuisia ja niillä saadaan luotua uu-

sia sanoja. (Kotus 2015a.) Suomen kielen vokaaleja on 8, joista /a, o, u/ ovat takavokaaleja ja etuvokaaleja ovat /e, i, y, ä, ö/, ja konsonantteja 12 /d, h, j, k, l, m, n, ŋ, p, r, s, t, v/. Lisäksi joissakin lainasanoissa voi ilmetä esimerkiksi äänteitä /b, g, f, w, x, z/, mutta nämä eivät ole ainakaan vielä vakiintuneet sellaiseen asemaan, että niitä voisi pitää suomen kielelle tyypillisinä äänteinä. (Kettunen 2003.) Suomen kielessä on 18 diftongia /yi, öi, äi, ui, oi, ai, äy, au, yö, öy, uo, ou, ie, ei, eu, iu, ey, iy/ (Helsingin yliopisto 2004). Suomen kielen voi kuitenkin katsoa sisältävän 16 vokaalia, kun lasketaan lyhyiden vokaalien lisäksi myös pitkät vokaalit, joita on /a:, e:, i:, o:, u:, y:, ä:, ö:/ (Kettunen 2003).

### 3.6.2 Ruotsi

Ruotsi kuuluu indoeurooppalaisiin kieliin, tarkemmin pohjoisiin germaanisen kielikunnan kieliin. Ruotsin kielellä on noin 9,2 miljoonaa puhujaa. Ruotsin kielellä on myös alueellisia murteita, joista yksi on suomenruotsi. (Ethnologue 2015d.) Suomenruotsi eroaa ruotsinruotsista ääntämyksensä, osaksi sanastonsa, ilmaustensa, rakenteidensa ja osaksi myös morfologisesti. Erojen suuruus vaihtelee, mutta useissa tapauksissa suomenruotsin erikoispiirteille löytyy suorat vastineensa ruotsinruotsista. (Kotus 2015b.) Ruotsin kielessä on 9 vokaalia /a, e, i, å, o, u, y, ä, ö/, mutta ääntäessä niitä on yhteensä 18, kun vokaalit erotellaan pituutensa perusteella. Tällöin pitkiä vokaaleja olisi /i:, e:, ε:, y:, ø:, ɛ:, u:, o: ja ɑ:/ ja lyhyitä vokaaleja puolestaan /ɪ, e, ε, a, y, œ, ɐ, ʊ, ɔ/. (Glottopedia 2014.) Ruotsin kielessä on International Phonetic Associationin julkaisun (2014, 40) mukaan 19 konsonanttia, jotka ovat /p, b, m, f, v, ɹ, t, d, n, s, ʃ, l, k, g, ŋ, ɕ, h, j/. Näiden lisäksi Glottopedia-sivusto (2014) nostaa kielessä esiintyvien konsonanttien joukkoon myös /r, ʈ, ɖ, ɕ, ɲ, ɭ/ -äänteet. Ruotsin kielessä ei ole diftongeja.

### 3.6.3 Englanti

Englannin kielellä on useita variaatioita (General English, Standard English) ja alueelliset murteet (esim. amerikanenglanti ja sen alamurteet vaikkapa Texasin ja Kalifornian alueiden murteet). Englannin kieli kuuluu germaanisiin kieliin ja sitä puhutaan lähes kaikkialla maailmassa jossakin muodossa. Ethnologuen (2015a) mukaan, englanti kuuluu indoeurooppalaisiin, läntisiin germaanisiin kieliin. Englannin sanajärjestys on SVO (subjekti, verbi, objekti).

Englannin kielestä on vaikea löytää puhdasta kuvausta johtuen sen useista erilaisista variaatioista. Käytän tässä yhteydessä kuitenkin International Phonetic Associationin julkaisemasta International Phonetic Alphabetista eli IPasta (2014) löytyvää amerikanenglannin kuvausta. Tämä kuvaus on tehty Etelä-Kalifornian murteesta, joten täysin aukoton kuvaus ei ole. IPAn mukaan (amerikan) englannissa olisi 25 konsonanttia /p, b, m, f, v, w, t, d, n, θ, ð, s, z, ʃ, ʒ, l, k, g, ŋ, h, tʃ, dʒ, ʃ, ʒ, j/. Vokaaleja tämän kuvauksen mukaan olisi 11 /i, e, ɪ, ε, æ, u, ʊ, o, ə, ʌ, ɑ/. Tässä kuvaksessa on 3 diftongia /aɪ, aʊ, ɔɪ/.

Vertailun vuoksi toinen englannin kielen kuvaus on otettu Oldenburgin yliopiston julkaisemasta englannin kielen opiskelijoiden oppaasta. Oppaan mukaan konsonantteja olisivat /p, t, k, f, θ, s, ʃ, h, m, n, ŋ, b, d, g, v, ð, z, ʒ, l, r, j, w, tʃ, dʒ/ yhteensä 24 kappaletta. Lyhyitä vokaaleja on tässä kuvauksessa 7 /e, ɪ, æ, ʊ, ə, ʌ, ɒ/ ja pitkiä vokaaleja 5 /i:, ɑ:, ɔ:, u:, ɜ:/ . Englannin kielen opiskelijoille diftongeja on kuvattuna yhteensä 8 /aɪ, aʊ, ɔɪ, eɪ, ɪə, eə, ʊə, əʊ/. Kuvausten erot eivät ole kovin suuria, mutta eroja on esimerkiksi vokaalien määrissä ja diftongeissa. (Hamann & Schmitz 2005, 4.)

#### 3.6.4 Esperanto

Esperanto on melko nuori, erikseen suunniteltu kieli. Ikää esperantolla on yli 127 vuotta. Se sai alkunsa, kun varsovalainen silmälääkäri L.L. Zamenhof julkaisi suunnitelmansa tehdä esperantosta kansainvälisen kielen. Taustalla oli halu tehdä helposti ymmärrettävä ja opittava kieli, jolla ihmiset voisivat paremmin kommunikoida, sillä useimmat erimielisyydet johtuvat siitä, ettei ihmisillä ole yhteistä kommunikaatioon käytettävää kieltä. Taustalla Zamenhof käytti niitä kieliä, joita hän osasi. Näinpä esimerkiksi skandinaaveille tutut /ä,ö,å/ puuttuvat, mutta tilalla on paljon suhuäänteitä. Esperanton ääntämis- ja kirjoitusasun samankaltaisuus tekee siitä suomalaisille tutun kuuloisen kielen, mutta painotus on erilainen (Esperanto.fi 2011a.)

Esperanton kielioppi on yksinkertainen. Sijamuotoja on kaksi, kaikki sanat taipuvat samalla kaavalla eikä verbejä taivuteta persoonan tai luvun mukaan. Jokainen sana luetaan, kuten ne on kirjoitettu, eli välissä ei ole mitään ääntymättömiä äänteitä tai ne eivät vaihdu sanaympäristössä, mikä on melko samankaltaista kuin suomessa. Eron suomen kieleen tuo se, että paino on aina toiseksi viimeisellä tavulla, kun suomessa paino on ensimmäisellä. (Esperanto.fi 2011b) Esperantossa on viisi vokaalia /a, e, i, o, u/ ja 23 konsonanttia /b, c, ĉ, d, f, g, ĝ, h, ĥ, j, ĵ, k, l, m, n, p, r, s, ŝ, t, ŭ, v, z/. (Lernu! 2002.) Esperanto.fi-sivuston (2011b) mukaan, esperantossa peräkkäin sattuvat vokaalit kuuluvat eri tavuihin ja äännetään erillisenä, mutta puolivokaalit /j, ŭ/ muodostavat toisen vokaalin kanssa diftongin ja ne äännetään kuten suomen diftongit.

#### 3.6.5 Saksa

Ethnologuen (2015e) mukaan saksan kieli kuuluu indoeurooppalaisiin, läntisiin kieliin. Puhujia sillä on noin 69,8 miljoonaa. International Phonetic Alphabetissä (2014, 86) esitellään saksan kielen vokaaleiksi /i, y, e, ɪ, ʏ, ø, ε, œ, a, ə, ɔ, o, ʊ, u/ ja konsonanteiksi /p, b, t, d, k, g, ʔ, m, n, ŋ, f, v, s, z, ʃ, ʒ, ç, x, ʁ, h, j, l/. Saksan kielen diftongeja ovat /aɪ, aʊ, ɔɪ/.

### 3.6.6 Ranska

Ranskan kieli kuuluu indoeurooppalaisiin, italolaisiin ja galio-romaanisiin kieliin. Puhujia on noin 60 miljoonaa. (Ethnologue 2015c) International Phonetic Alphabetissä (2014, 78) vokaaleja on yhteensä 11 / i, e, ε, a, ʏ, ø, œ, ə, u, o, ɔ/ ja konsonantteja 21 / p, t, k, b, d, g, m, n, ɲ, ʃ, f, s, ʒ, v, z, ʒ, l, ʁ, j, ɥ, W/. Diftongeja IPAssa ei mainita.

## 4 Tulokset

Käyn saamani tulokset läpi kielikohtaisesti, mutta tässä osuudessa esittelen vain kiinnostavimpia tulokset ja yleiset huomiot. Tässä luvussa kerron myös koehenkilöistä ja materiaalista sekä tuloksissa esiintyvistä taulukoista, mitä ne pitävät sisällään. Liitteissä (liite 4) on kaikkien kielinäytteiden puhujakohtaiset tulokset listattuna taulukkoihin kielittäin. Kielet on käsitelty samassa järjestyksessä kuin ne on äänitetty eli suomi, ruotsi, englanti, esperanto, saksa ja ranska. Saksan ja ranskan kielinäytteet ovat olleet vapaaehtoisia, minkä vuoksi puhujia on ollut vähemmän.

### 4.1 Koehenkilöiden määrä, jakauma, puhutut kielet, materiaali

Tutkimuksessa äänitin koehenkilöitä yhteensä 11 henkilöä. Naisia tässä tutkimuksessa on 6 ja miehiä 5. Alla olevassa taulukossa (taulukko 4) ilmenee koehenkilön sukupuoli, ikä äänityshetkellä, kotipaikkakunta sekä kielet, joilla koehenkilö antoi puhenäytteitä.

| Koehenkilö                    | Suomi | Ruotsi | Englanti | Esperanto | Saksa | Ranska |
|-------------------------------|-------|--------|----------|-----------|-------|--------|
| 1 (nainen, 22v, Hamina)       | x     | x      | x        | x         | x     |        |
| 2 (nainen, 23v, Hämeenlinna)  | x     | x      | x        | x         |       |        |
| 3 (mies, 26v, Helsinki)       | x     | x      | x        | x         |       | x      |
| 4 (mies, 28v, Helsinki)       | x     | x      | x        | x         |       | x      |
| 5 (mies, 23v, Helsinki)       | x     | x      | x        | x         |       |        |
| 6 (nainen, 24v, Helsinki)     | x     | x      | x        | x         |       |        |
| 7 (nainen, 23v, Vantaa)       | x     | x      | x        | x         |       |        |
| 8 (mies, 28v, Helsinki)       | x     | x      | x        | x         |       |        |
| 9 (nainen, 27v, Lerum Ruotsi) | x     | x      | x        | x         |       | x      |
| 10 (nainen, 26v, Vantaa)      | x     | x      | x        | x         |       | x      |
| 11 (mies, 27v, Espoo)         | x     | x      | x        | x         |       |        |

Taulukko 4. Taulukossa esitellään tiiviisti koehenkilöittäin sukupuoli, ikä, syntymäpaikkakunta ja minkä kielisiä näytteitä koehenkilöltä on äänitetty.



Koehenkilöt ovat samaa ikäluokkaa ja melko yhtenäiseltä alueelta kotoisin. Tällä hetkellä yhtä lukuun ottamatta kaikki asuvat pääkaupunkiseudulla. Kaikkien koehenkilöiden äidinkieli on suomi. Lisäksi kaikki koehenkilöt ovat opiskelleet melko yhtenäisesti kaikilta äänitettyjä kieliä, eli englantia ala-asteelta aina lukioon ja mahdollisissa jatko-opinnoissa, sekä ruotsia joko ala-asteelta toisena pitkänä kielenä tai yläasteelta lukioon tai ammatilliseen koulutukseen. Monet koehenkilöistä olivat opiskelleet lisäksi muita kieliä kuten muutaman kurssin kiinaa, espanjaa tai venäjää, mutta eivät syystä tai toisesta halunneet antaa näistä ääninäytteitä. Koehenkilöillä ei ollut myöskään merkittäviä ääneen vaikuttavia sairauksia tai lääkityksiä, muutamalla tosin äänityshetkellä oli hieman allergiaoireita tai flunssan oireita. Yksi koehenkilöistä kertoi käyttävänsä satunnaisesti migreeniin lääkkeitä, jotka vaikuttavat puheeseen. Äänitykseen migreenilääkitys ei kuitenkaan vaikuttanut, sillä lääkitystä ei käytetä päivittäin eikä koehenkilöllä ollut äänityshetkellä migreeniä.

#### 4.2 Tulosten esittely

Taulukoissa on kolme saraketta. Ensimmäisessä sarakkeessa *koehenkilö* on puhujan äänitysnúmero ja sukupuoli, esimerkiksi 1N tarkoittaa puhuja 1, nainen ja 8M tarkoittaa puhujaa 8, mies. Toisessa sarakkeessa käsitellään *tuloksia*. Tähän on listattuna ohjelman antamat 5 parhaiten täsmäävää kieltä paremmuusjärjestyksessä. Esimerkiksi tulos Suomi [fin] 23/60 tarkoittaisi sitä, että suomen kieleen on listattu 60 kielessä esiintyvää äännettä, joista 23 minun valitsemaani äännettä osui yhteen ohjelmaan syötettyjen tietojen kanssa. Tällöin 60 äännteestä 23 esiintyi kuulemissani puhenäytteissä.

Viimeinen sarake sisältää ne kuulemani *äänteet* foneettisena kirjoituksena IPAn mukaisina merkkeinä (katso liite 1 IPA taulukko), minkä jälkeen perään on kirjattuna, montako äännettä yhteensä olen valinnut ohjelmasta. Esimerkiksi 25/536 tarkoittaa, että olen valinnut 25 äännettä ohjelman mahdollisesta 536 äännteestä. Lisäksi tässä kohdassa olen saattanut merkitä lisähuomioita esimerkiksi puhujan kielelle, esimerkiksi ”Puhujalla on välillä todella saksankielinen puheenrytmi ja painotus”. Tällaisia huomioita ei ohjelmaan pysty merkitsemään, mutta ne voivat olla tärkeitä, kun pohditaan, mikä puhujan äidinkieli on.

## 4.3 Suomi

| Koehenkilö | Tulokset   | Äänteet ja muuta   |
|------------|--|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 23/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>• Viro [est] 19/60</li> <li>• Norja [nor] 19/41</li> <li>• Domari [rmt] 19/47</li> </ul> | m n ŋ t p r l k h j d s i e a æ<br>o y u u æ: a: u: yi,<br><br>valittuna yhteensä 25/536<br>äännettä |

Taulukko 5. Suomen kielen näytteiden tulosesimerkki.

Suomen kielen näytteet olisi toki voitu analysoida vain korvakuulolla, mutta koin ohjelman käytännön harjoittelun vuoksi oli hyvä testata suomen kielen näytteillä, miten ohjelma toimii. Tulokset olivat melko yhtenäiset suomenkielisten näytteiden osalta. Suomen kieli oli kaikilla puhujilla viiden kärjessä, yleensä parhaiten täsmäävänä. Suomen kieleen liittyi olennaisesti diftongit (esimerkiksi au, ai), joita ilman saattoi suomi jäädä hyvinkin matalalle. Myös pitkät vokaalit nousivat tärkeiksi, jotta suomen kielen sai nousemaan listalla ylöspäin. Kaikkien 11 puhujan suomen näytteissä viiden parhaiten täsmäävän kielen joukossa oli egyptin puhuttu kieli ja viron kieli. Jos tilanne olisi oikea, voisi ulkonäön perusteella päätellä, että puhuja on joko suomesta tai virosta.

Kysyin tilaajalta tuloksissa esiintyvän egyptin arabian (taulukossa esiintyvä egypti puhuttu) osalta, miksi se nousee etenkin suomen kielen tuloksissa aina viiden kärkeen. Tilannetta selvitetään, sillä on mahdollista, että kielen nousemiseen kaikilla puhujilla voi olla myös jokin häiriö, jossa jokin kieli jostain syystä nousee aina listalle, kun jokin äänne on valittuna. (Marttila 2015c.)

## 4.4 Ruotsi

| Koehenkilö | Tulokset  | Muuta  |
|------------|---|--|
| 7N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi[fin] 30/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>• Hollanti [nld] 27/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> </ul><br>Ruotsin kieleen täsmäsi 25/37 äännettä ja se sijoittui 12 parhaan kielen joukkoon. | m t p d f s k n ŋ h j r l f b v u<br>g ɛ f h æ a u o ɔ i i: e ø i e:<br>a: ø: æ: y u:<br><br>Valittuna yhtensä 41/536<br>äännettä.<br><br>Puhujalla oli tekstissä paljon selkeämpi rytmi ja ääntämys kuin mitä spontaanisti tuotetussa. Esimerkiksi spontaanisti tuotetussa puheessa lauseet päättyivät usein kysyvään intonaatioon. |

|     |   |  |
|-----|---|--|
| 11M | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 31/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>• Unkari [hun] 28/39</li> <li>• Hollanti [nld] 28/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen osui yhteensä 26/37 äännettä ja se osui 10 parhaan kielen joukkoon.</p> | <p>k m t s b p r l v h n ŋ d g f v j<br/>j h e e: u u: a a: æ i i o o y ε<br/>ø ø: o: i: y:</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti hyvin suomenkielen taustaiselta.</p> |
|-----|---|--|

Taulukko 6. Ruotsin kielen näytteiden tulokset.

Ruotsin kielen osalta kaikilla puhujilla suomi oli viiden parhaan kielen joukossa. Kävin lyhyen sähköpostikeskustelun (2015a) ohjelman kehittäjän Annu Mattilan kanssa, onko ohjelmassa vielä eroteltuna murteita toisistaan, ja tällä hetkellä ainoastaan arabialle on olemassa kaksi murretta. Suomen sijoittuminen listalle tarkoittaa sitä, että ruotsi on standardi ruotsi, jolloin suomenruotsi erillisenä murteena erottuu joukosta.

Ruotsin kielen osalta erityisesti pitkät ja lyhyet vokaalit tuntuivat korostuvan, konsonanttien puolella taas frikatiivien variantit. Esimerkiksi puhujan 2N puhe kuulosti hyvin ruotsalaiselta verrattuna puhujaan 7M, mutta silti tulokset vaihtelivat äänteiden valitsemisien osalta.

#### 4.5 Englanti

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta   |
|------------|--|---|
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 25/55</li> <li>• Viro [est] 25/60</li> <li>• Munji [mnj] 25/39</li> <li>• Shughni [sgh] 25/37</li> <li>• Tunisia puhuttu [aeb] 24/49</li> </ul> <p>Suomeen osui 24/60 äännettä ja se oli kahdeksanneksi paras kieli.</p> | <p>k p t j r l d m n s f v h j θ ð<br/>ʒ ŋ dʒ ø i i a æ a o e u ai i:<br/>ei ei ou oe</p> <p>Valittuna 39/536 äännettä.</p>       |
| 5M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Egypti puhuttu [arz] 29/49</li> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 28/55</li> <li>• Suomi [fin] 28/60</li> <li>• Assyrian Neo-Aramaic [aii] 27/47</li> <li>• Unkari [hun] 27/39</li> </ul>  | <p>s f n t p l r v b d k g f v ʒ m h<br/>j ŋ o o: i e a a: æ u ø e: y ɔ<br/>ou i: dʒ i ε θ ð</p> <p>valittuna 42/536 äännettä</p> |

Taulukko 7. Englannin kielen näytteiden tulokset.

Englannin kielen kohdalla tulokset olivat jokseenkin sitä, mitä arvioin ennalta niiden olevan. Tulokset ovat keskiarvoja, joten on vaikeaa arvioida, olisiko puhuja esimerkiksi enemmän Iso-Britanniasta vai Yhdysvalloista. Tietysti näiden kahden isoimman englannin kielen variantin osalta voisi päätellä spontaanista puheesta, kumman kielen sanamuotoja käyttää, mutta näiden osalta on tehty myös joitakin tutkimuksia äänteellisellä tasolla. Esimerkiksi Paco Gómezin artikkeli (2014) *British and American English Pronunciation Differences* käsittelee juuri näiden kahden englannin ääntämyksen eroja. Englannin kielen yleisin variantti on niin sanottu broken english eli juurikin ei äidinkielenään englantia puhuvien eräänlainen murre tai aksentti, mikä myös kuului kaikilta puhujilta. Osalla oli toki välillä hyvin brittiläinen tai yhdysvaltalainen tapaa puhua, mutta seasta kuitenkin osa äänteistä oli sellaisia, että äidinkieli tuntui kuuluvan läpi. Monella puhujalla oli hyvin hallussa myös englannin kielessä ilmenevät erikoisemmat äänteet esimerkiksi /θ, ð, dʒ/. Nämä äänteet olivat esimerkiksi sellaisia, jotka vaikuttivat englannin sijoitukseen. Vokaaleiden puolella /ɪ, ɛ, a/ nostivat myös englantia listalla ylemmäs.

Englannin kieli nousi kaikilla puhujilla listalle, mutta listalle nousi usein myös suomen ja/tai viron kieli. Taustalla yhtenä selittäjänä voi olla se, että jokainen koehenkilö oli lukenut englantia monta vuotta koulussa ja sen jälkeenkin vähintäänkin kuulleet kieltä erilaisissa yhteyksissä, esimerkiksi mediassa tai työelämässä.

#### 4.6 Esperanto

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta   |
|------------|--|---|
| 2N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Viro [est] 22/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 21/49</li> <li>Unkari [hun] 20/39</li> <li>Kabardian [kbd] 20/64</li> </ul> | <p>k p n j g t s f m d r l h ʒ u o e<br/>i u a i u ø ü i u: i: ui au io j ŋ</p> <p>Valittuna yhteensä 35/536<br/>äännettä</p>   |
| 6N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 21/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Unkari [hun] 20/39</li> </ul>     | <p>e o i ø a ei io oi oe auu u: ū<br/>i: ī k l o r p d t s n f j h m ŋ g<br/>ʃ ʒ ʧ</p> <p>Valittuna yhteensä 37/536<br/>äännettä</p> <p>Puhujalla hieman espanjaan<br/>viittaava painotus</p> |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 10N | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 24/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 23/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Gujari [gju] 20/41</li> </ul> | e a u o i ø au oe io i: oi ei eo<br>l r m p d n k h j s t g f v ĵ ŋ ç<br>ĵ ŝ ĭ ŭ u: ĭ<br><br>Valittuna yhteensä 40/536<br>äännettä<br><br>Puhujalla ranskankielinen<br>prosodia |
|-----|--|---|

Taulukko 8. Esperanton kielen näytteiden tulokset.

Esperantoa ei ole vielä omana näytteenä Pronouncer - ohjelmassa, joten sen sijoitusta ei pysty tarkemmin sanomaan. Kiinnostavaa tuloksissa on se, että suomen ja viro kielet nousivat kaikilla viiden parhaan kielen joukkoon. Viro nousee usein suomen kielen rinnalle, sillä nämä ovat samasta kielikunnasta. Esperanton osalta koehenkilöille oli annettu ohjeeksi, että teksti luetaan niin kuin kirjoitetaan. Tämä ehkä vaikuttaa siihen, että juuri suomi ja viro esiintyvät parhaimmissa kielissä, kun erityisiä äänemuutoksia sanaympäristöissä ei juurikaan tapahdu. Suurimmat erot ilmenivät puheen prosodisissa eli niin sanotuissa laulullisissa piirteissä. Jätin tähän esille ne puhujat, joilla oli erityisen suuresti jotain kieltä muistuttava prosodia (saksa, espanja, ranska).

#### 4.7 Saksa

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta  |
|------------|--|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 25/60</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Egypti Puhuttu [arz] 23/49</li> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Unkari [hun] 23/39</li> </ul> <p>Saksa oli 25 parhaan joukossa, siihen osui 20/45 äännettä.</p> | d h n t f v u s z p k j b m g r l<br>ſ ŝ ø e y i a u a: y: i: io ei<br>au ŋ<br><br>Valittuna yhteensä 37/536<br>äännettä.<br><br>Puheen painotus ja rytmi<br>kuulosti melko saksalaiselta<br>valtaosan ajasta. |

Taulukko 9. Saksan kielen näytteen tulokset.

Saksan kielen osalta mietin, vaikuttiko myös äänitysten määrä puhujan tuotokseen. Vaikka materiaalia oli saanut lukea etukäteen ja otoksia sai antaa useampia, jos ensimmäinen ei tuntunut menevän hyvin, saattoi koehenkilökin väsyä. Saksan kielen tärkeimpinä äänteinä tuntuivat olevan erilaiset frikatiivit esimerkiksi /s/ eri allofonit. Saksassa ei ole kovin montaa diftongia, joten niissä ehkä valinnat, jotka eivät saksan kieleen osu, vaikuttavat kielen sijoitukseen listalla.

## 4.8 Ranska

| Koehenkilö | Tulokset  | Muuta   |
|------------|---|---|
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 24/60</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 23/49</li> <li>Munji [mnj] 23/39</li> <li>South Levantine Spoken [ajp] 22/37</li> </ul> <p>Ranskaan osui 22/43 äännettä, osui 9 parhaan joukkoon.</p> | <p>n f k r u l s p m t d b r j h e<br/>e: i ao uo e i: ai e ei ie ue u<br/>ε ø a ɛ ɛ ɲ ʒ ə</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puheessa kuultavissa vierasmaalainen aksentti.</p> |
| 10N        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 25/60</li> <li>Unkari [hun] 25/39</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 24/49</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Ranska [fra] 23/43</li> </ul>  | <p>y i e e: a o u e e e: ø ø: l r k<br/>g r m p d f v n t s ʒ ɛ j h b ɲ<br/>i:</p> <p>valittuna 36/536 äännettä</p> <p>Puhuja kuulosti eniten ranskalaiselta.</p>                               |

Taulukko 10. Ranskan kielen näytteiden tulokset.

Ranskankielisissä näytteissä puhuja 10N oli käynyt Ranskassa noin kuukautta ennen äänitystä, joten kieli oli hyvässä muistissa. Puhuja 3M sen sijaan ei halunnut antaa spontaania puhenäytettä ja hän kuulostikin puhenäytteen antajista vähiten ranskalaiselta. Ranskan osalta myös erilaiset frikatiivit nousivat tärkeiksi. Vokaaleista esimerkiksi /ø, ε/ olivat tärkeitä.

## 5 Päätelmät

Tutkimuskysymykset ”onko ohjelmassa mahdollista huijata oma äidinkielenä” ja ”onko ohjelmaa mahdollista hyödyntää biometristen ääniavainten kehittämisessä” saivat mielestäni vastaukset. Äidinkielen huijaamisen liittyvän kysymyksen osalta ohjelmassa on pieni mahdollisuus huijata äidinkielenä. Esimerkiksi puhuja 3M onnistui jättämään suomen kielen viiden kärjestä pois englannin kielen puhenäytteissä, mutta puhujan todellinen äidinkieli oli kuitenkin melko korkealla, joten selkeää huijausta ei onnistuttu tekemään etenkin kun maantieteellistä rajausta ei voitu käyttää. Lisäksi tähän huijaamisen mahdollisuuteen on hyvä kiinnittää huomiota esimerkiksi silloin, kun viranomaisille ohjataan ohjelman käyttöä. Samalla on syytä muistuttaa, että ohjelma antaa vain todennäköisyyksiä puhujan äidinkielestä ja se toimii tärkeänä apuvälineenä muiden tutkimusmenetelmien ohella.

Ohjelman testauksesta saadut tulokset olivat melko hyvät eli puhujan äidinkieli tunnistettiin lähes kaikissa tapauksissa suomeksi. Joissakin tapauksissa tavoiteltu kohdekieli ei noussut viiden parhaan kielen joukkoon, esimerkiksi saksan ja ruotsin osalta. Ruotsin osalta tosin tilannetta selittää se, että ohjelmaan syötetty ruotsi on Ruotsissa puhuttu standardikieli ja suomenruotsi ei kuulu sen alaisuuteen. Näin ollen tulos on oikea, koska puhujan äidinkieli on suomi ja murteena on käytetty suomenruotsia. Englanninkielisiä näytteitä analysoidessa puolestaan tulokset olivat mielenkiintoiset, sillä jokaisella nousi englanti viiden kärkeen, joskin monilla oli myös suomi ja/tai viro samalla listalla. Englanti on haasteellinen kieli, sillä siinä on tunnettuna useita variantteja ja ohjelman tuloksissakin esiintyy näiden keskiarvo. Puhujan kansallisuuden tunnistamiseen tarvitaan muutakin tietoa kuin pelkkä kieli, mikä korostui esimerkiksi englannin kohdalla. Voisi sanoa, että ohjelma ja koeasetelma toimivat, koska suomi nousi lähes aina viiden parhaan joukkoon, mutta tavoiteltu kohdekieli ei.

Toinen tutkimuskysymys koski sitä, voisiko ohjelmaa hyödyntää biometristen ääniavainten kehittämisessä. Kokemukseni ja biometrisista ääniavaimista kerätyn tiedon nojalla ohjelma sopisi kehitystyön, sillä se pitää sisällään paljon dataa useista maailmankielistä. Jotta ohjelman dataa ja toimintoja voitaisiin hyödyntää, olisi hyvä olla yhteydessä biometrisia ääniavaimia kehittäviin yrityksiin. Biometristen ääniavainten kohdalla ongelmana on kuitenkin se, että ääntä voidaan helposti äänittää ja käyttää väärin. Mikäli ohjelman dataa halutaan hyödyntää biometrisissä avaimissa, tulisi ympäristö ja väärinkäyttö pystyä vähentämään mahdollisemman vähäiseksi. Yksi keino tällaisen välttämiseksi voisi olla se, että tuotettavat lauseet olisivat joka kerta vaihtuvia ja mielellään niin kutsuttuja non-sense lauseita, jotka näyttävät kielipillisesti oikealta, mutta niissä ei ole mitään järkeä. Kansainvälistymisen myötä ohjelmasta olisi varmasti hyötyä biometristen avainten kehittämisessä, etenkin jos sen yhteyteen saataisiin kytkettyä malliäännökset jokaisesta 536 äänneestä. Monikulttuurisen työyhteisön kannaltakin on hyvä, jos tuotettavat lauseet ovat non-sense tasoisia, jolloin samaa lausetta voidaan kierrättää eri kielissä. Vaihtuvuus puolestaan parantaisi äänitteen käyttämisen vaikeutta, kun etukäteen ei tiedä, mitä lausetta ollaan kysymässä minäkin hetkenä.

Ohjelman idea on helppo omaksua, mutta käytössä ongelmaksi muodostuu valinta kahden äänneen välillä. Itselläni foneetikkona oli välillä suuria ongelmia tehdä valintoja ja käytinkin apuna useampaa eri sivustoilla toimivaa IPA äännekarttaa, josta sai malliäännöksen. Mietin, miten ohjelma toimii poliisien ja muiden viranomaisten käytössä, joilla ei ole erillistä koulutusta kielten puolelta. Jotta ohjelma toimisi halutulla, voisi olla optimaalista liittää ohjelmaan jokin malliäännöskartta, joka voisi auttaa ainakin hieman kielitieteiden ulkopuolelta tulevia käyttäjiä. Kieli on kuitenkin siinä mielessä ongelmallinen, ettei mikään äännös ole kuitenkaan täysin IPAa vastaava ja äänneet muuttuvat sanaympäristössä. Ohjelmaa käyttäessä on tärkeää kuunnella sitä, miten ja missä äännettä tuotetaan kuin esimerkiksi miltä korkeudelta se tuotetaan. Ohjelman käytettävyyttä on hyvä, joskin huomasin välillä, että saattaa valita vää-

riä ääniä hiiren klikkauksilla tai jättää jonkun vahingossa pois. Toisinaan tämä vaikutti tuloksiin paljonkin, jos ei huomannut virheklkauksia.

Ohjelmassa tehdyt virheelliset valinnat voivat osoittautua haasteeksi viranomaiskäytössä, sillä ne voivat vaikuttaa tuloksiin merkittävästi, esimerkiksi jos jokin äänne jää valitsematta tai se valitaan väärin. Äänitykseen käytettävä materiaali on valittava tarkoin, jotta se on mahdollisimman kattava otos kielen ominaisuuksista, jotta esimerkiksi ”ei kuulu tähän kieleen” -ominaisuus ei poista puhujan oikeaa äidinkieltä listalta. Toisaalta jos tutkija ei valitse lainkaan esimerkiksi diftongeja puhenäytteistä, on myös vaarana, ettei kieli nouse muiden kielten joukosta tarpeeksi esille. Nyt tekemässäni kokeessa esimerkiksi suomen kielen kohdalla oli tärkeää valita diftongeja.

Viranomaisten käyttöön ohjelma on helppokäyttöinen. Ohjelma tulee varmasti nopeuttamaan eri viranomaisten toimintaa ja samalla säästää kustannuksia. Koska keskusrikospoliisi on ollut testaamassa ohjelmaa, voisi apua saada myös tarvittaessa toiselta viranomaiselta, joka varmasti on kustannuksiltaan halvempaa kuin lähettää näytteet esimerkiksi Ruotsiin Språkabilen. Omien käyttökokemusteni perusteella koen kuitenkin, että ohjelman perehdyttämiseen on syytä käyttää kunnolla aikaa, jotta käyttäjä varmasti ymmärtää, mitä ohjelmalla pyritään tutkimaan ja miten tutkimus analysoidaan.

Tälle tutkimukselle voisi osoittaa myös kritiikkiä, sillä esimerkiksi tutkimuksessa käsitellyt kielet ovat melko helposti tunnistettavissa ja siten myös korvakuuloisesti pääteltävissä. Tarkemman tutkimuksen kielten muuntelusta olisi saanut esimerkiksi siten, että olisi tutkinut afrikkalaisia heimokieliä. Kielet olisivat olleet tutkijalle hieman vieraita ja siten myös tulokset ehkä eronneet nyt esitetyistä. Toisaalta myös koehenkilöt olivat tuttuja ja tiesin etukäteen, mitä kieliä he tulevat puhumaan. Koehenkilöt eivät välttämättä myöskään heittäytyneet täysillä, minkä vuoksi osassa tuotoksista ei ollut havaittavissa tavoitellulle kohdekielelle tyyppillisiä ääniteitä ja tuotokset olivat siksi hyvin suomalaisittain tuotettuja. Seuraavassa vaiheessa ohjelmaa testatessa olisi hyvä, että esimerkiksi keräämääni materiaalia tutkisi joku näitä kieliä tuntematon henkilö, jolloin saamieni tulosten oikeellisuutta saisi tarkemmin mitattua.

Kaiken kaikkiaan ohjelma on hyvällä mallilla, jotta sitä voidaan vähitellen ottaa käyttöön viranomaistoiminnassa. Ohjelmaa on hyvä testata tulevilla käyttäjillä ja pyytää heiltä kommentteja, millaisia ominaisuuksia ja minkä kielikunnan kieliä ohjelmaan erityisesti kaivataan lisää. Ohjelman käytännöntestaus viranomaisympäristössä tällä hetkellä olisi tärkeää ja ajankohtaista, jotta maahan pyrkijöiden käsittelyä voitaisiin sujuvoittaa. Mitä nopeammin kentältä saadaan palautetta ja niihin reagoidaan, sitä nopeammin saamme hyvän työkalun henkilöiden tunnistamiseen.



## Lähteet

- Aaltonen, O., Aulanko, R., Iivonen, A., Klippi, A. & Vainio, M. (toim.) 2009. Puhuva Ihminen - puhetieteiden perusteet. 1. painos. Keuruu: Otavan Kirjapaino Oy.
- Adamsson, A. 2015. Biometristen järjestelmien yksityisyys - haasteet ja mahdollisuudet. Diplomityö. Turun yliopisto, informaatioteknologian laitos, ohjelmistotekniikka. Turku.
- Ailisto, H., Ahonen, P. & Lindholm, M. 2005. Biometrisen tunnistamisen tietoturvaluus ja yksityisyyden suoja. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 80/2005. Helsinki.
- Anhava, J. 1999. Maailman kielet ja kielikunnat. 2. painos. Tampere: Tammer-paino Oy.
- The International Phonetic Association. 2014. Handbook of the International Phonetic Association: A Guide to the Use of the International Phonetic Alphabet. 16<sup>th</sup> printing. United Kingdom: Clays, St Ives plc.
- Katakri - tietoturvaluuden auditointityökalu viranomaisille. 2015. Puolustusministeriö, Helsinki.
- Kinnunen, T. 1999. Automaattinen puhujan tunnistus. Pro Gradu -tutkielma. Joensuun yliopisto, tietojenkäsittelytieteen laitos. Joensuu.
- Neuhauser, S. 2008. Voice disguise using a foreign accent: phonetic and linguistic variation. The International Journal of Speech, Language and the Law Vol 15.2.2008. Equinox Publishing.
- Ojasalo, K., Moilanen, T. & Ritalahti, J. 2009. Kehittämistyön menetelmät: uudenlaista osaamista liiketoimintaan. 2. painos. Helsinki: WSOYpro.
- Zetterholm, E. 2003. Voice Imitation - A Phonetic Study of Perceptual Illusions and Acoustic Success. Lund: Studentlitteratur.

## Sähköiset lähteet

- Esperanto.fi. 2011a. Kieli. Viitattu 13.9.2015.  
<http://www.esperanto.fi/Kieli>
- Esperanto.fi. 2011b. Peruskielioppi. Viitattu 13.9.2015.  
<http://www.esperanto.fi/Kieli/Peruskielioppi>
- Ethnologue. 2015a. Englanti. Viitattu 13.9.2015.  
<https://www.ethnologue.com/languages/eng>
- Ethnologue. 2015b. Maailman kielet. Viitattu 14.11.2015.  
<https://www.ethnologue.com/statistics/size>
- Ethnologue. 2015c. Ranska. Viitattu 12.9.2015.  
<https://www.ethnologue.com/language/fra>
- Ethnologue. 2015d. Ruotsi. Viitattu 12.9.2015.  
<https://www.ethnologue.com/language/swe>
- Ethnologue. 2015e. Saksa. Viitattu 13.9.2015.  
<https://www.ethnologue.com/language/ger>
- Ethnologue. 2015f. Suomi. Viitattu 13.9.2015.  
<https://www.ethnologue.com/language/fin>

Glottopedia. 2014. Ruotsin fonologia. Viitattu 14.11.2015.  
[http://www.glottopedia.org/index.php/Swedish\\_Phonology](http://www.glottopedia.org/index.php/Swedish_Phonology)

Gómez, P. 2014. British and American English Pronunciation Differences. Viitattu 14.11.2015.  
<http://ma.eui.upm.es/usuarios/fmartin/web/idiomas/english/br-ame-pronun-diff.pdf>

Hamann, C. & Schmitz C. 2005. Phonetics and Phonology - Reader for First Year English Linguistics. University of Oldenburg.  
[http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user\\_upload/anglistik/personen/cornelia.hamann/Phonology.pdf](http://www.uni-oldenburg.de/fileadmin/user_upload/anglistik/personen/cornelia.hamann/Phonology.pdf)

Helsingin yliopisto. 2004. Suomen fonetiikkaa. Viitattu 14.11.2015.  
[http://www.helsinki.fi/puhetieteet/projektit/Finnish\\_Phonetics/diftongit.htm](http://www.helsinki.fi/puhetieteet/projektit/Finnish_Phonetics/diftongit.htm)

Kettunen, K. 2003. Suomen kielen äänteet. Viitattu 12.9.2015.  
<http://materiaalit.internetix.fi/fi/kielet/ai1/rakenne/aanne.htm>

Kinnunen, T. 2010. Is Imitation a Threat to Voice Security Applications? Speech & Brain Seminar - esitys. Viitattu 9.5.2015  
<http://www.helsinki.fi/puhetieteet/tutkimus/fonetiikka/speechbrain10/Imitation-and-speaker-recognition-Publishable.pdf>

Kotimaisten kielten tutkimuskeskus Kotus. 2015a. Suomen kieli. Viitattu 21.6.2015.  
<http://www.kotus.fi/kielitieto/kielet/suomi>

Kotimaisten kielten tutkimuskeskus Kotus. 2015b. Ruotsin kieli. Viitattu 21.6.2015.  
<http://www.kotus.fi/kielitieto/kielet/ruotsi>

Lernu!. 2002. Esperanton suppea kielioppi. Viitattu 21.6.2015.  
<http://fi.lernu.net/lernado/gramatiko/konciza/elparolo.php>

Pronouncer Europe. 2015. Viitattu 4.4.2015  
<http://app.pronouncer.fi/>

Solki. 2005. Kielistä kiinni. Viitattu 21.6.2015,  
<http://www.solki.jyu.fi/kielistakiinni/docs/kieletmaailmassab6.htm>

Språkab. 2015. Välkommen till Språkab språkanalys. Viitattu 28.11.2015.  
<http://www.sprakab.se/Sprakanalys.html>

Tieteen termipankki. 2014a. Aksentti. Viitattu 19.11.2015.  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:aksentti>

Tieteen termipankki. 2014b. Grafeemi. Viitattu 15.11.2015.  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Nimitys:grafeemi>

Tieteen termipankki. 2014c. Idiolekti. Viitattu 18.11.2015.  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kielitiede:idiolekti>

Tieteen termipankki. 2014d. Kielikunta. Viitattu 9.5.2015.  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kielitiede:kielikunta>

Tieteen termipankki. 2014e. Typologinen luokittelu. Viitattu 28.11.2015.  
[http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kielitiede:typologinen\\_luokittelu](http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kielitiede:typologinen_luokittelu)

Tieteen termipankki. 2014f. Äidinkieli. Viitattu 9.5.2015.  
<http://tieteentermipankki.fi/wiki/Kielitiede:C3%A4idinkieli>

Tietosuojavaltuutetun toimisto. 2010. Biometrinen tunnistus, mikä se on? Viitattu 9.5.2015.  
[http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetun\\_toimisto/oppaat/6JfqPiEON/Biometrinen\\_tunnistus\\_mika\\_se\\_on.pdf](http://www.tietosuoja.fi/material/attachments/tietosuojavaltuutettu/tietosuojavaltuutetun_toimisto/oppaat/6JfqPiEON/Biometrinen_tunnistus_mika_se_on.pdf)

UNODC. 2015. Human trafficking prevention. Viitattu 2.12.2015.  
<https://www.unodc.org/unodc/en/human-trafficking/prevention.html>

#### Julkaisemattomat lähteet

Mattila, A. 2015a. Sähköpostikeskustelu. 27.10.2015.

Marttila, A. 2015b. Sähköpostikeskustelu. 18.11.2015.

Marttila, A. 2015c. Sähköpostikeskustelu. 2.12.2015.

Niemi, T. Sähköpostikeskustelu. 27.11.2015.

Pronouncer Europe. 2011. PowerPoint-esitys. Viitattu 19.11.2015.

Pronouncer Europe. 2012. Proposal Evaluation Form, Evaluation Summary Report. Research Executive Agency. Call FP7-SEC-2012-1. Viitattu 19.11.2015.

#### Liitteiden lähteet

Wikipedia. Englanti. Viitattu 31.5.2015.  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

Wikipedia. Esperanto. Viitattu 31.5.2015.  
<http://eo.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

Wikipedia. Ranska. Viitattu 31.5.2015.  
<http://fr.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

Wikipedia. Ruotsi. Viitattu 31.5.2015.  
<http://sv.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

Wikipedia. Saksa. Viitattu 31.5.2015.  
<http://de.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

Wikipedia. Suomi. Viitattu 31.5.2015.  
<http://fi.wikipedia.org/wiki/Kalevala>

#### Liitteiden kuvalähteet

Afrikan tähti. Kuva lainattu 14.6.2015.  
<https://s-media-cache-ak0.pinimg.com/736x/e3/3d/f6/e33df6d3d6514277af49033c8b956f98.jpg>

Disney-sarjakuvahahmot. Kuva lainattu 23.6.2015.  
<http://webneel.com/daily/8-disney-cartoons>

The International Phonetic Association. 2005. The International Phonetic Alphabet.  
[https://www.internationalphoneticassociation.org/sites/default/files/IPA\\_chart\\_%28C%292005.pdf](https://www.internationalphoneticassociation.org/sites/default/files/IPA_chart_%28C%292005.pdf)

Kamala luonto -sarjakuva. Kuva lainattu 31.5.2015.  
[http://www.sana.fi/files/3294/521/k-10-2014-04-Kamala\\_luonto.jpg](http://www.sana.fi/files/3294/521/k-10-2014-04-Kamala_luonto.jpg)

Ruokapyramidi. Kuva lainattu 23.6.2015.

<http://www.google.fi/imgres?imgurl=http://www.iran-daily.com/File/File/125754&imgrefurl=http://www.iran-daily.com/News/116386.html&h=1936&w=2581&tbnid=boE6qRrwTWK7M:&zoom=1&docid=8wZTiSpQ0oxZUM&ei=vY6JVZSWB6bMyAOkvLGIAg&tbn=isch&ved=0CIUBEDMoSTBJ>

## Taulukot

|  |    |
|--|----|
| Taulukko 1. IBG:n arvio biometristen teknologioiden osuus vuonna 2004 ilman rikostutkinnallista osuutta. (Ailisto 2005, 5) .....                                 | 17 |
| Taulukko 2. Jainin taulukko, jossa kuvataan seitsemän ominaisuutta neljälle biometriselle piirteelle. (Ailisto 2005, 26) .....                                   | 18 |
| Taulukko 3. Taulukossa on esitetty 23 puhutuinta kieltä maailmassa, joiden puhujamäärä on vähintään 50 miljoonaa äidinkielistä puhujaa (Ethnologue 2015b). ..... | 21 |
| Taulukko 4. Taulukossa esitellään tiiviisti koehenkilöittäin sukupuoli, ikä, syntymäpaikkakunta ja minkä kielisiä näytteitä koehenkilöltä on äänitetty. ....     | 24 |
| Taulukko 5. Suomen kielen näytteiden tulosesimerkki. ....  | 26 |
| Taulukko 6. Ruotsin kielen näytteiden tulokset. ....   | 27 |

## Liitteet

|   |    |
|---|----|
| Liite 1 International Phonetic Alphabet ..... | 39 |
| Liite 2 Taustatietolomake .....               | 40 |
| Liite 3 Äänitettävä materiaali .....          | 41 |
| Liite 4 Tulokset.....                         | 47 |

## Liite 1 International Phonetic Alphabet

## THE INTERNATIONAL PHONETIC ALPHABET (revised to 2005)

CONSONANTS (PULMONIC)

© 2005 IPA

|                     | Bilabial | Labiodental | Dental | Alveolar | Postalveolar | Retroflex | Palatal | Velar | Uvular | Pharyngeal | Glottal |
|---------------------|----------|-------------|--------|----------|--------------|-----------|---------|-------|--------|------------|---------|
| Plosive             | p b      |             |        | t d      |              | ʈ ɖ       | c ɟ     | k ɡ   | q ɢ    |            | ʔ       |
| Nasal               | m        | ɱ           |        | n        |              | ɳ         | ɲ       | ŋ     | ɴ      |            |         |
| Trill               | ʙ        |             |        | r        |              |           |         |       | ʀ      |            |         |
| Tap or Flap         |          | ⱱ           |        | ɾ        |              | ɽ         |         |       |        |            |         |
| Fricative           | ɸ β      | f v         | θ ð    | s z      | ʃ ʒ          | ʂ ʐ       | ç ʝ     | x ɣ   | χ ʁ    | ħ ʕ        | h ɦ     |
| Lateral fricative   |          |             |        | ɬ ɮ      |              |           |         |       |        |            |         |
| Approximant         |          | ʋ           |        | ɹ        |              | ɻ         | j       | ɰ     |        |            |         |
| Lateral approximant |          |             |        | l        |              | ɭ         | ʎ       | ʟ     |        |            |         |

Where symbols appear in pairs, the one to the right represents a voiced consonant. Shaded areas denote articulations judged impossible.

CONSONANTS (NON-PULMONIC)

| Clicks               | Voiced implosives | Ejectives             |
|----------------------|-------------------|-----------------------|
| ◌ ʘ Bilabial         | ɓ Bilabial        | ʼ Ejective            |
| ◌ ǀ Dental           | ɗ Dental/alveolar | ɓʼ Bilabial           |
| ◌ ǃ (Postalveolar)   | ɗʼ Palatal        | ɗʼ Dental/alveolar    |
| ◌ ǁ Palatoalveolar   | ɠ Velar           | ɠʼ Velar              |
| ◌ ǁ Alveolar lateral | ɠʼ Uvular         | ɠʼ Alveolar fricative |

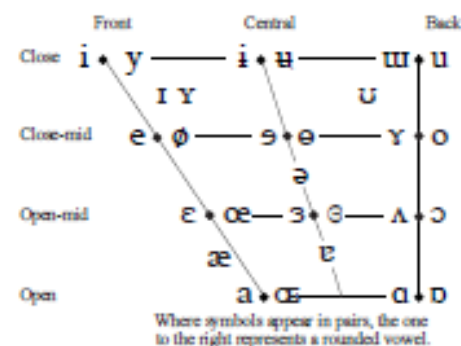
OTHER SYMBOLS

|  |   |
|--|---|
| ʌ Voiceless labial-velar fricative     | ɕ ʑ Alveolo-palatal fricatives  |
| ʋ Voiceless labial-velar approximant   | ɭ Voiceless alveolar lateral fricative  |
| ɥ Voiceless labial-palatal approximant | ɧ Simultaneous ʃ and x  |
| ħ Voiceless epiglottal fricative       |   |
| ʕ Voiceless epiglottal fricative       | Affricates and double articulations can be represented by two symbols joined by a tie bar if necessary. |
| ʡ Epiglottal plosive                   |   |

DIACRITICS Diacritics may be placed above a symbol with a descender, e.g. ɲ̥

|                    |                                |                       |
|--------------------|--------------------------------|-----------------------|
| ◌̥ Voiceless       | ◌̤ Breathy voiced              | ◌̥ Dental             |
| ◌̦ Voiceless       | ◌̤ Craspy voiced               | ◌̥ Apical             |
| ◌̧ Aspirated       | ◌̤ Lingualized                 | ◌̥ Laminar            |
| ◌̨ More rounded    | ◌̤ Labialized                  | ◌̥ Nasalized          |
| ◌̩ Low rounded     | ◌̤ Palatalized                 | ◌̥ Nasal release      |
| ◌̪ Advanced        | ◌̤ Velarized                   | ◌̥ Lateral release    |
| ◌̫ Retracted       | ◌̤ Pharyngealized              | ◌̥ No audible release |
| ◌̬ Centralized     | ◌̤ Velarized or pharyngealized |                       |
| ◌̭ Mid-centralized | ◌̤ Raised                      |                       |
| ◌̮ Syllabic        | ◌̤ Lowered                     |                       |
| ◌̯ Non-syllabic    | ◌̤ Advanced Tongue Root        |                       |
| ◌̰ Rhoticity       | ◌̤ Retracted Tongue Root       |                       |

VOWELS



SUPRASEGMENTALS

|                                |              |
|--------------------------------|--------------|
| ˈ Primary stress               |              |
| ˌ Secondary stress             |              |
| ː Long                         | ˈfəʊndəˈtʃən |
| ˑ Half-long                    |              |
| ˑ Extra-short                  |              |
| ˑ Minor (foot) group           |              |
| ˑ Major (intonation) group     |              |
| ˑ Syllable break               | ˌni.ækt      |
| ˑ Linking (absence of a break) |              |

TONES AND WORD ACCENTS

| LEVEL        | CONTOUR               |
|--------------|-----------------------|
| ˥ Extra-high | ˥ or ˨ Rising         |
| ˦ High       | ˥ or ˨ Falling        |
| ˧ Mid        | ˥ or ˨ High rising    |
| ˨ Low        | ˥ or ˨ Low rising     |
| ˩ Extra-low  | ˥ or ˨ Rising-falling |
| ˩ Downstep   | ˥ or ˨ Global rise    |
| ˩ Upstep     | ˥ or ˨ Global fall    |

Liite 2 Taustatietolomake

Päiväys:

Äänitysnumero:

**Taustatietolomake**

Nimi

Ikä

Sukupuoli    Mies        Nainen

Syntymäpaikka

Nykyinen asuinpaikkakunta

Äidinkieli /-kielet

**Muut opiskellut kielet.** Kerro, kauanko olet opiskellut kyseistä kieltä ja missä olet sitä opiskellut (esim. peruskoulu - yliopisto tai kaksi kurssia lukiossa):

**Ääneen vaikuttavat sairaudet ja lääkkeet**

**Saako kerättyä dataa käyttää myöhemmissä tutkimuksissani**        Kyllä        Ei

Kiitos vastauksista 😊! T. Hanna

(Äänityshetkellä: oletko tällä hetkellä myöskään flunssainen tai kärsitkö allergiaoireista?)



### Liite 3 Äänitettävä materiaali

#### Äänitettävä materiaali

Tässä tiedostossa on koottuna tekstipätkät eri kielillä, mistä **seuraavat neljä** äänitetään **kaikilta** osallistujilta:

- suomi
- ruotsi
- englanti
- esperanto

Tämän lisäksi, jos osaat muita kieliä, katso myös sen kieliset tekstit läpi (*listaa täydennetään sitä mukaa, kun muun kielisiä puhujia ilmaantuu*).

- saksa
- ranska

Kaikki kirjoitettu teksti luetaan ääneen, myös lukusanat, vaikka ne olisivat sulkeissa 😊! Esperantonkieliset lukusanat ovat sulkeissa luvun perässä, koska todennäköisesti ne eivät tule ulkomuistista :D...

## SUOMI

Kalevala on Suomen kansalliseepos. Se perustuu Elias Lönnrotin (1802–1884) vuodesta 1828 alkaen kokoamiin suomalais-karjalaisiin kansanrunoihin. Nämä runot ovat kalevalaista runoutta eli ne on tehty kalevalaiseen runomittaan. Kalevalan sisältämät runot eivät ole suoraan runonlaulajien laulamassa muodossa, vaan niitä on muokattu, niiden kieliasua on yhtenäistetty ja korjailtu ja joitakin osia runoista on siirretty toiseen paikkaan ja eri asiayhteyteen kuin alun perin muistiin merkityissä runoissa. Osan Lönnrot on runoillut itse muodostamaan yhtenäisiä juonikuvioita.

Kalevalan alussa on luomismyytti, jonka mukaan maailma syntyi sotkan munasta. Kalevala kuvaa muun muassa Kalevalan ja Pohjolan kansojen sekä eri päähenkilöiden välisiä kiistoja, kostoreissuja ja kosiomatkoja sekä Sammon rakentamista ja ryöstöä. Tapahtumat päättyvät kristinuskon tuloon.

## RUOTSI

Kalevala är ett finskt och karelskt nationalepos. Det är en hjältedikt i 50 sånger, skrivet på versformen kalevalameter eller finsk runometer, som kännetecknas av allitterationer och särskild rytm. Texterna är upptecknade muntliga berättelser i versform, som på 1800-talet sammanställdes till en helhet av Elias Lönnrot. Lönnrot skrev några egna verser, men de utgör endast tre procent av hela eposet. Kalevalas händelseförlopp och gestalter är en skapelse av Lönnrot. Det centrala temat, maktkampen mellan det mörka Pohjola och det ljusa Kalevala, har en bakgrund från det hårda livet vid Vita havets stränder i de ryska byarna Vuonninen, Kuusilahti, Kepa, Luusalmi, Borovoi och Kalevala. Diktverket har också vissa likheter med Pusjkins *Sagan om Jussi*, som kom ut strax innan Lönnrot började studera på universitetet i början på 1820-talet.

## ENGLANTI

The Kalevala or The Kalewala is a 19th-century work of epic poetry compiled by Elias Lönnrot from Karelian and Finnish oral folklore and mythology.

It is regarded as the national epic of Karelia and Finland and is one of the most significant works of Finnish literature. *The Kalevala* played an instrumental role in the development of the Finnish national identity, the intensification of Finland's language strife and the growing sense of nationality that ultimately led to Finland's independence from Russia in 1917.

The first version of *The Kalevala* (called *The new Kalevala*) was published in 1835. The version most commonly known today was first published in 1849 and consists of 22,795 verses, divided into fifty songs. The title can be interpreted as "The land of Kaleva" or "Kalevia".

## ESPERANTO

Kalevala estas epopea poemo kiun kompilis Elias Lönnrot en la 19 (dek naŭ)-a jarcento, el finnaj folkloraj fontoj. Ĝi estas la popola eposo de Finnlando kaj Karelio. Ĝi estas ofte nomata la finna nacia epopeo kaj estas unu el la plej gravaj verkoj el la finna literaturo. Laŭ multaj, ĝi inspiris la naciismon kiu kondukis al finna sendependeco de Rusio en 1917 (mil naŭcent dek sep).

Lönnrot estis kuracisto, sed pasie interesiĝis pri la tradiciaj buŝaj rakontoj de lia hejmlando Finnlando, kaj pro tio li vojaĝis multe por akiri novajn fontojn. Li amasigis la plejmulton el la poemoj el la regiono Karelio (*Karelia*) kaj kredis ke la poemoj kiujn li kunigis estas eroj el iama senpaŭza epopeo. Li eldonis la unuan Kalevala, la "malnova" Kalevala, en du volumoj inter 1835 (mil okcent tridek kun) kaj 1836 (mil okcent tridek ses). La malnova Kalevala konsistas el 32 (tridek du) poemoj kiujn komencis kunigi Lönnrot en 1829 (mil okcent dudek naŭ), kaj kiujn li redaktis kaj plivastigis per la propraj ligaj verkaĵoj por krei daŭran rakonton.

Lönnrot daŭre kunigis novajn poemojn, kiujn li unuigis kun la malnova Kalevala por krei duan eldonon, eldonita in 1849 (mil okcent kvarcent naŭ). Tiu ĉi "nova" Kalevala enhavas 50 (kvindek) poemojn kaj estas la akceptata norma teksto hodiaŭ legata.

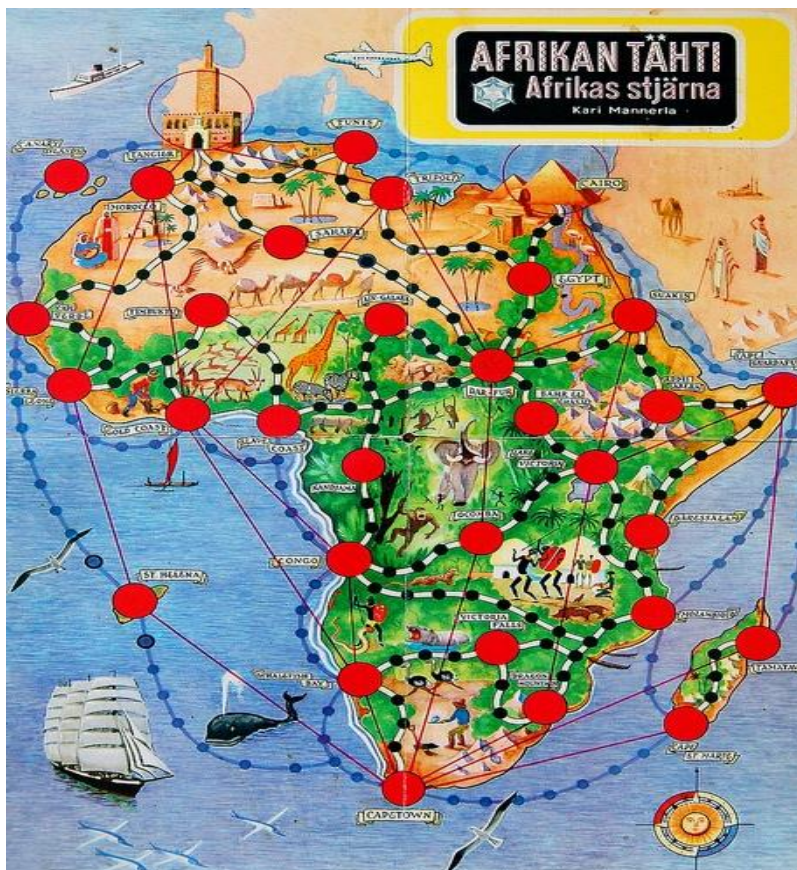
**SAKSA**

Das Kalevala ['kalevɑlɑ] ist ein von Elias Lönnrot im 19. Jahrhundert auf der Grundlage von mündlich überlieferter finnischer Mythologie zusammengestelltes Epos. Es gilt als finnisches Nationalepos und zählt so zu den wichtigsten literarischen Werken in finnischer Sprache. Das Kalevala trug maßgeblich zur Entwicklung des finnischen Nationalbewusstseins bei und hat auch über Finnland hinaus Wirkung entfaltet. Die erste Fassung des Werkes erschien im Jahr 1835. Der Titel ist abgeleitet von *Kaleva*, dem Namen des Urvaters des besungenen Helden, und bedeutet so viel wie „das Land Kalevas“. Der Standardtext des Kalevala besteht aus 22.795 Versen, die in fünfzig Gesängen vorgestellt werden.

**RANSKA**

Le *Kalevala* est une épopée composée au XIX<sup>e</sup> siècle par Elias Lönnrot, folkloriste et médecin, sur la base de poésies populaires de la mythologie finnoise transmises oralement. Il est considéré comme l'épopée nationale finlandaise et compte parmi les plus importantes œuvres en langue finnoise. Une première version, publiée en 1835, fut suivie en 1849 d'une édition considérablement augmentée qui comprend environ 23 000 vers. Le *Kalevala* est une sorte de patchwork, obtenu par l'assemblage de poèmes populaires authentiques recueillis entre 1834 et 1847 dans les campagnes finlandaises, notamment en Carélie. Ce poème représente la pierre angulaire de l'identité nationale finlandaise. Cette épopée a influencé bon nombre d'artistes finlandais et, de par sa traduction en 51 langues, est mondialement connue.

Tekstien lisäksi kerrotaan kuvakerrontaa seuraavista kuvista (yksi kuva per kieli). Voit kertoa joko samasta kuvasta tai vaihtaa kuvaa. Voit kertoa esimerkiksi, mitä värejä kuvissa on, mitä tunteita niissä ilmenee, mitä olioita niissä näet, mitä ne voisivat sanoa... Itselle kannattaa tehdä pieni tukisanalista niillä kielillä, joilla pystyy tuottamaan edes muutaman lauseen verran, mitä näkee kuvassa ☺.







## Liite 4 Tulokset

## Suomen kieli

| Koehenkilö | Tulokset   | Äänteet ja muuta   |
|------------|--|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 23/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>• Viro [est] 19/60</li> <li>• Norja [nor] 19/41</li> <li>• Domari [rmt] 19/47</li> </ul>     | <p>m n ŋ t p r l k h j d s i e a æ<br/>o y u v æ: a: u: yi,</p> <p>valittuna yhteensä 25/536<br/>äännettä</p>          |
| 2N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Viro [est] 23/60</li> <li>• Suomi [fin] 23/60</li> <li>• Norja [nor] 21/41</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>• Kirgiisi [kir] 19/37</li> </ul>   | <p>m n ŋ t r p k d s f v j l h i y u<br/>o a æ e æ: a: ie uo ai ø,</p> <p>valittuna yhteensä 27/536<br/>äännettä</p>   |
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 25/60</li> <li>• Egypti, puhuttu [arz] 21/49</li> <li>• Tanska [dan] 20/42</li> <li>• Viro [est] 20/60</li> <li>• Norja [nor] 20/41</li> </ul>    | <p>t p m n ŋ k h s v r j d e ø a o<br/>u e: a: ai æ æ: y: yi: li,</p> <p>valittuna yhteensä 31/536<br/>äännettä</p>    |
| 4M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 24/60</li> <li>• Egypti, puhuttu [arz] 21/49</li> <li>• Norja [nor] 21/41</li> <li>• Viro [est] 20/60</li> <li>• Domari [rmt] 20/47</li> </ul>    | <p>p k n ŋ m t r h v l j s d i y e<br/>æ a ø u o ai a: æ: e: b,</p> <p>valittuna yhteensä 26/536<br/>äännettä</p>      |
| 5M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 23/60</li> <li>• Viro [est] 22/60</li> <li>• Norja [nor] 20/41</li> <li>• Egypti, puhuttu [arz] 19/49</li> <li>• Kabardian [kbd] 19/64</li> </ul> | <p>n ŋ p t d k r v l j m h s y i e a<br/>æ u o ø e: ie æi o: oi,</p> <p>valittuna yhtensä 26/536<br/>äännettä</p>      |
| 6N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 26/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 23/49</li> <li>• Norja [nor] 22/41</li> <li>• Domari [rmt] 22/47</li> <li>• Viro [est] 21/60</li> </ul>     | <p>d t ŋ n m p v s r h j l k y e æ<br/>a o u ø a: ai i: i æ: f b u:,</p> <p>valittuna yhteensä 32/536<br/>äännettä</p> |

|     |  |  |
|-----|--|--|
| 7N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 27/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 24/49</li> <li>• Viro [est] 23/60</li> <li>• Domari [rmt] 23/47</li> <li>• Kabardian [kbd] 22/64</li> </ul> | <p>i e æ a o u y p b f v s m n ŋ t d r l j k h ø ai æi ei æ: a: e: i: u:,</p> <p>valittuna yhteensä 35/536 äännettä.</p> |
| 8M  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi[fin] 24/60</li> <li>• Viro [est] 22/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 21/49</li> <li>• Kabardian [kbd] 20/64</li> <li>• Norja [nor] 20/41</li> </ul>   | <p>i e ø a o u ei ai i: au e: a: æ y æ: m n ŋ k t d p u r l j s f,</p> <p>valittuna yhteensä 32/536 äännettä</p>         |
| 9N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 24/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 22/49</li> <li>• Viro [est] 22/60</li> <li>• Domari [rmt] 21/47</li> <li>• Kabardian [kbd] 20/64</li> </ul> | <p>i e u o a æ y u: ei ai e: a: æi æ: d t ŋ n m p u l j h s k r øi o: ie</p> <p>valittuna yhteensä 30/536 äännettä</p>   |
| 10N | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi[fin] 26/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 22/49</li> <li>• Viro [est] 22/60</li> <li>• Kabardian [kbd] 22/64</li> <li>• Unkari [hun] 21/39</li> </ul>  | <p>e o y ø æ a u i a: y: o: u: ei e: m n ŋ t p d k s r l j u b g oi ai yi,</p> <p>valittuna yhteensä 31/536 äännettä</p> |
| 11M | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 26/60</li> <li>• Viro [est] 23/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 22/49</li> <li>• Tanska [dan] 21/42</li> <li>• Norja [nor] 21/41</li> </ul>     | <p>m n ŋ k d t p f s u j r l h i y u o a æ e ø u: a: ai æ: y: o: uo ou,</p> <p>valittuna yhteensä 30 /536 äännettä.</p>  |

Taulukko 1. Suomen kielen näytteiden tulokset.



Ruotsin kieli

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta  |
|------------|--|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 30/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> <li>Unkari [hun] 27/39</li> <li>Kabardian [kbd] 27/64</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi 24/37 äännettä ja se löytyi 20 parhaiten sopivan kielen joukosta.</p>          | <p>m p b n ŋ h s k g d t v f u ʃ<br/>ʒ ɛ j r l i e ɛ æ ɑ ɔ u o ø y ø:<br/>ɑ: æ: i: u: e: ɔ:</p> <p>Valittuna yhteensä 42/536 äännettä</p> <p>Puhujalla on välillä todella saksankielinen puheenrytmi ja painotus.</p>  |
| 2N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 30/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 29/49</li> <li>Hollanti [nld] 28/39</li> <li>Norja [nor] 28/41</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi 25/37 äännettä ja se oli sijoittunut 20 parhaiten sopivan kielen joukkoon.</p>   | <p>k g h h ʃ æ ʒ s r l f v u d t b j<br/>p ŋ n m l u u: o ɔ ɑ æ æ: ɑ: ɛ<br/>i i: e e: ø ø: y i i:</p> <p>Valittuna yhteensä 44 / 536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti välillä hyvin ruotsinkieliseltä (ruotsin ruotsi), joskin hänellä oli välillä havaittavissa suomen kielen rytmiä ja painotusta.</p> |
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi[fin] 29/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 27/49</li> <li>Hollanti [nld] 27/39</li> <li>Norja [nor] 27/41</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi yhteensä 25/37 äännettä ja se oli sijoittunut 12 parhaan ehdotuksen joukkoon.</p> | <p>i y u o ɔ ɑ æ e ø ɛ i ɑ: m p b<br/>u v f n d t s ʃ r ŋ h k g j l ɛ h<br/>ø: u: e: i:</p> <p>Valittuna yhteensä 40 / 536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli melko selkeä suomen kielen painatus ja rytmi, eli näytteen ruotsia ei voi sanoa ainakaan kovin ruotsin ruotsalaiseksi</p>                      |
| 4M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi[fin] 29/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>Unkari [hun] 27/39</li> <li>Kabardian [kbd] 27/64</li> <li>Hollanti [nld]</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen osui yhteensä 24/37 äännettä ja se osui 20 parhaan kielen joukkoon.</p>                                   | <p>k t d h j l r s ʃ ʒ ŋ n m p v u f<br/>h g b ɛ e e: ɛ ɑ ø o y i: i æ ɑ:<br/>u u: i ø:</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli samankaltainen puhetyyli kuin 4M eli puhe oli hyvin suomenkaltaista eikä selkeästi esimerkiksi ruotsin-ruotsiin verrattavissa.</p>               |

|    |   |   |
|----|---|---|
| 5M | <ul style="list-style-type: none"> <li>Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>Suomi [fin] 28/60</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> <li>Kabardian [kbd] 27/64</li> <li>Hollanti [nld] 27/39</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi yhteensä 24/37 äännettä ja se sijoittui 20 parhaan kielen joukkoon.</p> | <p>e ø ε æ α o u i y ɔ α: u: i e: i: m n ŋ k g h t d b p f v u r l j s ɐ ʃ ʒ ɦ</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli myös hyvin selkeä suomalainen aksentti.</p>  |
| 6N | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 30/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 27/49</li> <li>Unkari [hun] 27/39</li> <li>Hollanti [nld] 27/39</li> <li>Norja [nor] 27/41</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi 26/37 äännettä ja se sijoittui 10 parhaan joukkoon.</p>                                   | <p>h m p d t n f v u s ʃ ɛ k g j r l ŋ ɦ b e e: ε i i i: u o ɔ α æ ø y: y α: ø: u:</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti osaksi hyvin suomenruotsalaiselta esimerkiksi puheen prosodisten piirteiden osalta.</p>  |
| 7N | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 30/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>Hollanti [nld] 27/39</li> <li>Norja [nor] 27/41</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen täsmäsi 25/37 äännettä ja se sijoittui 12 parhaan kielen joukkoon.</p>              | <p>m t p d f s k n ŋ h j r l ʃ b v u g ɛ ɦ ε æ α u o ɔ i i: e ø i e: α: ø: æ: y u:</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli tekstissä paljon selkeämpi rytmi ja ääntämys kuin mitä spontaanisti tuotetussa. Esimerkiksi spontaanisti tuotetussa puheessa lauseet päättyivät usein kysyvään intonaatioon.</p> |
| 8M | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 28/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 26/49</li> <li>Hollanti [nld] 25/39</li> <li>Norja [nor] 25/41</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 24/55</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen osui 24/37 äännettä ja se oli 10 parhaan joukossa.</p>                              | <p>e i u o ɔ α æ i α: i: y e: ε æ: u: ø ø: p m f u v r t g k n s ɦ ɲ ɐ j d b</p> <p>Valittu yhteensä 39/536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli selkeä suomiaksentti etenkin painotuksessa, joskin kieli tunnistettavissa kyllä ruotsiksi</p>  |

|     |   |   |
|-----|---|---|
| 9N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 30/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>• Norja [nor] 28/41</li> <li>• Hollanti [nld] 27/39</li> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng]</li> </ul> <p>Ruotsin kielen osui 25/37 äännettä ja se osui 12 parhaan kielen joukkoon.</p>   | <p>k h d t l   p b f v u s j g r n m<br/>         e j h ŋ i i u u: a a: æ æ: o o<br/>         i: e e: y ø ø: ε</p> <p>Valittuna yhteensä 42/536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti osaksi suomenruotsalaiselta intonaation suhteen.</p>                           |
| 10N | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 28/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 27/49</li> <li>• Norja [nor] 26/41</li> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 25/55</li> <li>• Kabardian [kbd]</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen osui 23/37 äännettä ja se osui 20 parhaan kielen joukkoon.</p> | <p>o o i a a: u ø e æ ε y e: æ: u:<br/>         i: i t r l p d m k s f v u n ŋ b j<br/>         h f j ε</p> <p>Valittuna yhteensä 39/536 äännettä.</p> <p>Puhujalla oli selkeitä suomenruotsin vaihteita, mutta selvästi tunnisti taustan suomenkieliseksi.</p> |
| 11M | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Suomi [fin] 31/60</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 28/49</li> <li>• Unkari [hun] 28/39</li> <li>• Hollanti [nld] 28/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> </ul> <p>Ruotsin kieleen osui yhteensä 26/37 äännettä ja se osui 10 parhaan kielen joukkoon.</p> | <p>k m t s b p r l v h n ŋ d g f v j<br/>         j h e e: u u: a a: æ i i o o y ε<br/>         ø ø: o: i: y:</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti hyvin suomenkielen taustaiselta.</p>  |

Taulukko 2. Ruotsin kielen näytteiden tulokset.

## Englannin kieli

| Koehenkilö | Tulokset  | Muuta  |
|------------|---|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Tunisia puhuttu [aeb] 26/49</li> <li>Assyrian Neo-Aramaic [aii] 26/47</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 26/49</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> <li>Suomi [fin] 26/60</li> </ul>  | <p>g p m t n d h s f b ʃ ʒ j l r ø θ<br/>v u e a a i o y u ou ua æ ei u:<br/>dʒ i i: ei ø</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536 äännettä.</p>   |
| 2N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Munji [mnj] 27/39</li> <li>Shughni [sgh] 27/37</li> <li>Assyrian Neo-Aramaic [aii] 26/47</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 26/49</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> </ul> <p>Suomen kieleen täsmäsi 26/60 äännettä ja se oli kuu-<br/>dentena listalla heti englan-<br/>nin jälkeen.</p> | <p>i i e æ a o u m d t s v k g h f<br/>p b l n ŋ j ʃ ʒ θ ð dʒ ei i: ou ø<br/>e: ei u a</p> <p>Valittuna yhteensä 39/536 äännettä.</p>      |
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 25/55</li> <li>Viro [est] 25/60</li> <li>Munji [mnj] 25/39</li> <li>Shughni [sgh] 25/37</li> <li>Tunisia puhuttu [aeb] 24/49</li> </ul> <p>Suomeen osui 24/60 äännet-<br/>tä ja se oli kahdeksanneksi<br/>paras kieli.</p>  | <p>k p t j r l d m n s f u v h ʃ θ ð<br/>ʒ ŋ dʒ ø i i a æ a o e u ai i:<br/>ei ei ou oe</p> <p>Valittuna yhteensä 39/536 äännettä.</p>     |
| 4M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Shughni [sgh] 27/37</li> <li>Assyrian Neo-Aramaic [aii] 26/47</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 26/49</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 26/55</li> <li>Suomi [fin] 26/60</li> </ul>  | <p>i e a æ u i o e: i: ei ai ou ø<br/>ae i n d p f v u r m s k h ŋ g ʒ<br/>θ ð l ʃ j b dʒ</p> <p>valittuna yhteensä 40/536 äännettä</p>    |
| 5M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Egypti puhuttu [arz] 29/49</li> <li>Englanti (keskiarvo) [eng] 28/55</li> <li>Suomi [fin] 28/60</li> <li>Assyrian Neo-Aramaic [aii] 27/47</li> <li>Unkari [hun] 27/39</li> </ul>   | <p>s ʃ n t p l r u b d k g f v ʒ m h<br/>j ŋ o o: i e a a: æ u ø e: y o<br/>ou i: dʒ i e θ ð</p> <p>valittuna yhteensä 42/536 äännettä</p> |

|     |   |  |
|-----|---|--|
| 6N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 30/55</li> <li>• Egypti puhuttu [arz] 29/49</li> <li>• Tunisia puhuttu[aeb] 28/49</li> <li>• Suomi[fin] 28/60</li> <li>• Munji [mnj] 28/39</li> </ul> | <p>e ø y a æ ou i o ɔ ɪ ε ei a: i: u u: æ: dʒ g t n s f k p d ʃ ʒ θ ð r l b m j ŋ h v ʊ</p> <p>valittuna 43/536 äännettä</p> |
| 7N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 28/55</li> <li>• Tunisia puhuttu [aeb] 27/49</li> <li>• Suomi [fin] 27/60</li> <li>• Munji [mnj] 27/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> </ul>        | <p>k t s v f m h d ŋ n p r l g u ʃ ʒ j b θ ð i ai a e æ y ɔ o u i ø u: ou ε i: ei</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536</p>       |
| 8M  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> <li>• Suomi [fin] 27/60</li> <li>• Munji [mnj] 27/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> <li>• Tunisia Puhuttu [aeb]</li> </ul>              | <p>o u ou i a ε æ e ɪ i: y ai m p t n l r f u s ʃ h k g v b ʒ θ ŋ d ð j ɔ ei ø</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536</p>          |
| 9N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 28/55</li> <li>• Munji [mnj] 27/39</li> <li>• Norja [nor] 27/41</li> <li>• Tunisia puhuttu [aeb] 26/49</li> <li>• Suomi [fin] 26/60</li> </ul>        | <p>e y i a u ou ei ø æ ɪ ε ɔ i: o u: ai k l m t n h s f p ŋ ʃ r d ʒ u b v θ ð g ə</p> <p>valittuna yhteensä 41/536</p>       |
| 10N | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> <li>• Munji [mnj] 26/39</li> <li>• Norja [nor] 26/41</li> <li>• Tunisia puhuttu [aeb] 25/49</li> <li>• Suomi [fin] 25/60</li> </ul>        | <p>a i ai e ø ei æ o u ɔ ɪ y ε ou r ɹ k m p n d t s l h ʃ f v u b ʒ ð g θ ŋ i</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536</p>           |
| 11M | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Englanti (keskiarvo) [eng] 27/55</li> <li>• Munji [mnj] 26/39</li> <li>• Norja [nor] 25/41</li> <li>• Suomi [fin] 24/60</li> <li>• Ranska [fra] 24/43</li> </ul>                 | <p>i ə a o u ɔ e ou oe ei ø æ i: y ɪ p u ŋ g d m s l h ʃ b n f v θ ð k ʒ ɹ j ɔ:</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536</p>         |

Taulukko 3. Englannin kielen näytteiden tulokset.

## Esperanton kieli

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta   |
|------------|--|---|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 22/60</li> <li>Norja [nor] 22/41</li> <li>Viro [est] 21/60</li> <li>Malay (with high knowledge of Arabic) [zln] 21/43</li> <li>Aja [ajg] 20/35</li> </ul>     | <p>k s j p d m l f g b t r n ŋ ʃ ʒ v<br/>e ø ũ u o i a oe iu h oi</p> <p>Valittuna yhteensä 28/536 äännettä</p> <p>Puhujalla hieman saksan kieleltä kuulostava painotus</p>           |
| 2N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Viro [est] 22/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 21/49</li> <li>Unkari [hun] 20/39</li> <li>Kabardian [kbd] 20/64</li> </ul>                     | <p>k p n j g t s f m d r l h ʒ v o e<br/>i u a i u ø ũ i u: i: ui au io j ŋ</p> <p>Valittuna yhteensä 35/536 äännettä</p>   |
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 24/60</li> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 22/49</li> <li>Unkari [hun] 22/39</li> <li>Norja [nor] 22/41</li> </ul>                         | <p>d f s k j n r l h ʒ p m g v [ʃ ŋ<br/>a o i oi u e ø õ u: ũ i: i iu eo<br/>e: ui a u t j j</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p>   |
| 4M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Suomi [fin] 21/60</li> <li>Unkari [hun] 21/39</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Assyrian Neo-Aramaic [aii] 19/47</li> </ul>          | <p>p l r t f k h j n d s m j j ŋ ʒ o<br/>i e a u io iu ei ø oe oi u: ũ i: i<br/>au v</p> <p>Valittuna yhteensä 37/536 äännettä</p>  |
| 5M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 25/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 21/49</li> <li>Unkari [hun] 21/39</li> <li>Norja [nor] 21/41</li> </ul>                         | <p>p k l j r m f n t s h d ŋ g ʒ v j<br/>ç u a ui u a i e o ø ei oi u: ũ i:<br/>i ai au oe</p> <p>Valittuna 39/536 äännettä</p>   |
| 6N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 21/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Unkari [hun] 20/39</li> </ul>                         | <p>e o i ø a ei io oi oe auu u: ũ<br/>i: i k l u r p d t s n f j h m ŋ g<br/>j j ç</p> <p>Valittuna yhteensä 37/536 äännettä</p> <p>Puhujalla hieman espanjaan viittaava painotus</p> |
| 7N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 25/60</li> <li>Norja [nor] 22/41</li> <li>Suomi [fin] 21/60</li> <li>Malay (with high knowledge of Arabic) [zln] 20/43</li> <li>Kreikka [ell] 19/34</li> </ul> | <p>k p n j s t f v r d m l j j g h j ç<br/>ŋ ŋ a i ui u ei e eo oi ai o ø<br/>au oe ũ i</p> <p>Valittuna 35/536 äännettä</p>  |

|     |  |   |
|-----|--|---|
| 8M  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 24/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 23/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 21/49</li> <li>Unkari [hun] 21/39</li> </ul> | <p>a e i u o ø oe oi iu ei au ua k<br/>l v t r f d s p l j h ç j j n g ŋ<br/>m ŋ š ʒ ũ u: ī i:</p> <p>Valittuna yhteensä 42/536<br/>äännettä</p> <p>Puhujalla oli hieman venäjän<br/>kielen painotusta.</p> |
| 9N  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 25/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 22/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Gujari [gju] 20/41</li> </ul> | <p>k p l r n f g h v s d ŋ j l m t j<br/>j ç a e i ø u o ai ei io oe au oi<br/>eo u: ũ i: ī</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536<br/>äännettä</p>   |
| 10N | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 24/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 23/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Gujari [gju] 20/41</li> </ul> | <p>e a u o i ø au oe io i: oi ei eo<br/>l r m p d n k h j s t g f v j ŋ ç<br/>j š l ũ u: ī</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536<br/>äännettä</p> <p>Puhujalla ranskankielinen<br/>prosodia</p>                  |
| 11M | <ul style="list-style-type: none"> <li>Viro [est] 25/60</li> <li>Suomi [fin] 23/60</li> <li>Norja [nor] 22/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 20/49</li> <li>Unkari [hun] 20/39</li> </ul> | <p>k p m s d n ŋ l f r t g h l j v j<br/>j i u o iu io a au e ø ei ie oi<br/>u: ũ i: ī o e š</p> <p>Valittuna yhteensä 40/536<br/>äännettä</p>  |

Taulukko 4. Esperanton kielen näytteiden tulokset.

## Saksan kieli

| Koehenkilö | Tulokset   | Muuta  |
|------------|--|--|
| 1N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 25/60</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Egypti Puhuttu [arz] 23/49</li> <li>Viro [est] 23/60</li> <li>Unkari [hun] 23/39</li> </ul> <p>Saksa oli 25 parhaan joukos-<br/>sa, siihen osui 20/45 äännet-<br/>tä.</p> | <p>d h n t f v u s ʒ p k j b m g r l<br/>ʃ š ø e y i a u a: y: i: io ei<br/>au ŋ</p> <p>Valittuna yhteensä 37/536<br/>äännettä.</p> <p>Puheen painotus ja rytmi<br/>kuulosti melko saksalaiselta<br/>valtaosan ajasta.</p> |

Taulukko 5. Saksan kielen näytteen tulokset.

## Ranskan kieli.

| Koehenkilö | Tulokset  | Muuta   |
|------------|---|---|
| 3M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 24/60</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 23/49</li> <li>Munji [mnj] 23/39</li> <li>South Levantine Spoken [ajp] 22/37</li> </ul> <p>Ranskaan osui 22/43 äännettä, osui 9 parhaan joukkoon.</p> | <p>n f k r v l s p m t d b r j h e<br/>e: i a o u o e i: ai e ei ie ue u<br/>ε ø a ʃ ɛ ŋ ʒ ə</p> <p>Valittuna yhteensä 41/536 äännettä.</p> <p>Puheessa kuultavissa vierasmaalainen aksentti.</p>     |
| 4M         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 26/60</li> <li>Unkari [hun] 25/39</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Egypti Puhuttu [arz] 23/49</li> <li>Ranska [fra] 23/43</li> </ul>  | <p>a e i ø e: ε o y e u d i: y: p s t<br/>g k h b n m f l r j ŋ ʒ d ʃ v v<br/>u</p> <p>Valittuna yhteensä 36/536 äännettä.</p> <p>Puhuja kuulosti enemmän ranskalaiselta kuin ensimmäinen puhuja.</p> |
| 9N         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 26/60</li> <li>Unkari [hun] 25/39</li> <li>Norja [nor] 25/41</li> <li>Egypti Puhuttu [arz] 24/49</li> <li>Ranska [fra] 23/43</li> </ul>  | <p>e ø i a o u e ε i: y y: e: ie oe<br/>p f r v m s h t l n ŋ ʒ g k d b<br/>v ʃ r j</p> <p>Valittuna 38/536 äännettä.</p>   |
| 10N        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Suomi [fin] 25/60</li> <li>Unkari [hun] 25/39</li> <li>Egypti puhuttu [arz] 24/49</li> <li>Norja [nor] 24/41</li> <li>Ranska [fra] 23/43</li> </ul>  | <p>y i e e: a o u e ε e: ø ø: l r k<br/>g r m p d f v n t s ʒ ʃ j h b ŋ<br/>i:</p> <p>valittuna 36/536 äännettä</p> <p>Puhuja kuulosti eniten ranskalaiselta.</p>                                     |

Taulukko 6. Ranskan kielen näytteiden tulokset.